



## **SKRIPSI**

# **KITOSAN LARUT AIR DARI LIMBAH CANGKANG UDANG DAN KERANG SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA *TINPLATE* DALAM LARUTAN NaCl 2%**

**ARINA HIDAYATUS SAKINAH**

**NRP. 1413 100 059**

**Dosen Pembimbing I**

**Dra. Harmami, M.S**

**Dosen Pembimbing II**

**Dra. Ita Ulfin, M.Si**

**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2017**



**SCRIPT**

**WATER-SOLUBLE CHITOSAN FROM SHRIMP AND  
MUSSEL SHELLS WASTES AS CORROSION INHIBITOR  
ON TINPLATE IN NaCl 2% SOLUTION**

**ARINA HIDAYATUS SAKINAH**

**NRP. 1413 100 059**

**Advisor Lecturer I**

**Dra. Harmami, M.S**

**Advisor Lecturer II**

**Dra. Ita Ulfin, M.Si**

**DEPARTEMENT OF CHEMISTRY  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

**KITOSAN LARUT AIR DARI LIMBAH CANGKANG  
UDANG DAN KERANG SEBAGAI INHIBITOR KOROSI  
PADA *TINPLATE* DALAM LARUTAN NaCl 2%**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains

pada

Program Studi S-1 Departemen Kimia,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**ARINA HIDAYATUS SAKINAH**

**NRP 1413 100 059**

**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

**KITOSAN LARUT AIR DARI LIMBAH CANGKANG  
UDANG DAN KERANG SEBAGAI INHIBITOR KOROSI  
PADA *TINPLATE* DALAM LARUTAN NaCl 2%**

SKRIPSI

Oleh:

**ARINA HIDAYATUS SAKINAH**  
**NRP 1413 100 059**

Surabaya, 24 Juli 2017

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



**Dra. Harmami, M.S**

**Dra. Ita Ulfin, M.Si**

**NIP. 19611216 198803 2 002**

**NIP. 19650426 198903 2 002**

Mengetahui :  
Kepala Departemen Kimia,



**Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc**

**NIP. 19710616 199703 1 002**

**KITOSAN LARUT AIR DARI LIMBAH CANGKANG  
UDANG DAN KERANG SEBAGAI INHIBITOR KOROSI  
PADA *TINPLATE* DALAM LARUTAN NaCl 2%**

**Nama** : Arina Hidayatus Sakinah  
**NRP** : 1413100059  
**Departemen** : Kimia FMIPA  
**Pembimbing** : Dra. Harmami, M.S, Dra. Ita Ulfin, M.Si

**Abstrak**

Kitosan larut air (*Water-Soluble Chitosan/ WSC*) telah disintesis dari limbah cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak kemudian dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%. Kitin diperoleh dari reaksi demineralisasi dan deproteinisasi cangkang udang dan cangkang kerang. Kitin dideasetilasi menjadi kitosan kasar. WSC diperoleh dari reaksi pemotongan rantai kitosan kasar dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. WSC dikarakterisasi dengan FTIR. Kinerja WSC dalam menghambat korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% telah dipelajari dengan metode pengurangan berat dan polarisasi potensiodinamik. Studi efisiensi inhibisi WSC dilakukan pada variasi konsentrasi 10-1500 mg/L. Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi inhibisi WSC meningkat terhadap konsentrasi WSC dan mencapai efisiensi maksimum pada konsentrasi 1300 mg/L dan mengalami penurunan pada konsentrasi 1500 mg/L. Efisiensi inhibisi maksimum WSC dari cangkang udang vaname diperoleh sebesar 72,73% (metode pengurangan berat) dan sebesar 91,41% (metode polarisasi potensiodinamik), sedangkan untuk WSC dari cangkang kerang kampak diperoleh sebesar 54,55% (metode pengurangan berat). Interpretasi hasil pengukuran dengan polarisasi potensiodinamik menunjukkan bahwa WSC merupakan inhibitor tipe campuran. Isotermal adsorpsi WSC pada permukaan *tinplate* dalam larutan NaCl 2% mengikuti isotermal adsorpsi Freundlich.

**Kata kunci** : *Tinplate*, inhibitor korosi, kitosan larut air, *weightloss*, polarisasi potensiodinamik

# **WATER-SOLUBLE CHITOSAN FROM SHRIMP AND MUSSEL SHELLS WASTES AS CORROSION INHIBITOR ON TINPLATE IN NaCl 2% SOLUTION**

**Name : Arina Hidayatus Sakinah**  
**Student Number : 1413100059**  
**Departement : Chemistry, FMIPA**  
**Advisor Lectrurer : Dra. Harmami, M.S, Dra. Ita Ulfin, M.Si**

## **Abstract**

Water-Soluble Chitosan (WSC) was synthesized from shrimp and mussel shells wastes and used as corrosion inhibitor on tinplate in NaCl 2% solution. Chitin was extracted from shrimp and mussel shells wastes by demineralization and deproteinization reaction. Chitin was deacetylated become crude chitosan. WSC was obtained by shortening the polymer chain of crude chitosan using  $H_2O_2$ . WSC was characterized by FTIR. Performance of WSC as corrosion inhibitor on tinplate in NaCl 2% solution was studied by weightloss and potentiodynamic polarization methods. Inhibition efficiency was studied at various concentration of inhibitor from 10 to 1500 mg/L. The inhibition efficiency increased with the increasing WSC concentration and reached maximum at 1300 mg/L and decreased at concentration 1500 mg/L. Maximum inhibition efficiency of WSC from shrimp shells waste were 72,72% (weightloss method) and 91,41% (potentiodynamic polarization method), while maximum inhibition efficiency of WSC from mussel shells waste was 54,55% (weightloss method). Polarization studies revealed that WSC acted as mixed type inhibitor. WSC isothermal adsorption on tinplate in NaCl 2% solution obeys Freundlich isotherm.

**Keywords: Tinplate, corrosion inhibitor, Water-Soluble Chitosan (WSC), weightloss, potentiodynamic polarization**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah tugas akhir berjudul **“Kitosan Larut Air dari Limbah Cangkang Udang dan Kerang sebagai Inhibitor Korosi pada *Tinplate* dalam Larutan NaCl 2%”**dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Dra. Harmami, M.S. dan Dra. Ita Ulfen, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan selama proses penelitian serta penyusunan naskah tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc, selaku Kepala Departemen Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak dan Ibu, Irfi dan Isma tercinta yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa.
4. Dra. Ita Ulfen, M.Si, selaku Kepala Laboratorium Instrumen dan Sains Analitik atas izin dan dukungannya selama penelitian.
5. Kartika A. Madurani, S.Si, M.Si. dan Clarissa W.S., S.Si. yang selalu mendukung dan membantu dalam proses penelitian
6. Dosen dan laboran Departemen Kimia dan Departemen Material dan Metalurgi ITS serta teman-teman Anorthite dan SuperCamp 2013 serta teman-teman kelompok Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang membantu dan memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 24 Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Abstrak.....	v
Abstract.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Tinplate</i> .....	7
2.2 Korosi.....	8
2.2.1 Korosi pada <i>Tinplate</i> .....	10
2.2.2 Pengendalian Korosi.....	12
2.2.3 Inhibitor Korosi.....	14
2.3 Kitosan.....	15
2.4 Metode Pengendalian Korosi.....	16
2.4.1 Metode Pengurangan Berat ( <i>Weightloss</i> ).....	16
2.4.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik.....	18
2.5 Metode Karakterisasi.....	19
2.5.1 Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	19
2.6 Kerang Kampak ( <i>Atrina pectinata</i> ).....	21

viii



2.7	Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ).....	22
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN.....		25
3.1	Peralatan dan Bahan.....	25
3.1.1	Peralatan.....	25
3.1.2	Bahan.....	25
3.2	Prosedur Kerja.....	26
3.2.1	Preparasi Serbuk Cangkang Udang Vaname.....	26
3.2.1	Preparasi Serbuk Cangkang Kerang Kampak.....	26
3.2.3	Preparasi Larutan NaCl 2%.....	26
3.2.4	Ekstraksi Kitin.....	27
3.2.5	Sintesis Kitosan Larut Air / <i>Water-Soluble Chitosan</i> (WSC) dari Kitin.....	27
3.2.6	Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	28
3.2.7	Metode Pengurangan Berat ( <i>Weightloss</i> ).....	29
3.2.8	Metode Polarisasi Potensiodinamik.....	30
3.2.9	Uji Ketebalan <i>Coating</i> Sn pada <i>Tinplate</i> .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Sintesis Kitosan Larut Air (WSC).....	33
4.2	Hasil Karakterisasi FTIR Kitin dan WSC.....	35
4.2.1	Hasil Karakterisasi FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ).....	35
4.2.2	Hasil Karakterisasi FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Kerang Kampak ( <i>Atrina pectinata</i> ).....	37
4.3	Efisiensi Inhibisi Kitosan Larut Air.....	39
4.3.1	Uji Pengurangan Berat ( <i>Weightloss</i> ).....	39
4.3.2	Uji Polarisasi Potensiodinamik.....	43
4.4	Isotermal Adsorpsi dan Studi Termodinamika Korosi.....	46
4.5	Pengaruh Ketebalan <i>Coating</i> Sn pada Permukaan <i>Tinplate</i> Terhadap Laju Korosi.....	49

4.6 Mekanisme Inhibisi WSC Terhadap Korosi pada Permukaan <i>Tinplate</i> dalam Larutan NaCl 2% .....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	65
BIODATA PENULIS.....	105

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses korosi pada <i>tinplate</i> dalam media NaCl : (a) Keadaan awal; (b) Keadaan setelah terjadi korosi (Xia dkk, 2012).....	12
Gambar 2.2	Struktur Kitin dan Kitosan (Siripatrawan, 2016).....	16
Gambar 2.3	Komponen utama spektrofotometer FTIR (Stuart, 2004).....	20
Gambar 2.4	Kerang kampak ( <i>Atrina pectinata</i> ) (bioportal.naturalis.nl).....	22
Gambar 2.5	Udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) (bilkulonline.com).....	23
Gambar 4.1	Proses sintesis WSC (Du dkk., 2009).....	33
Gambar 4.2	Spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname.....	36
Gambar 4.3	Spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname.....	38
Gambar 4.4	Kurva konsentrasi WSC (mg/L) udang dan kerang terhadap EI (%).....	42
Gambar 4.5	Plot Tafel <i>tinplate</i> dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan WSC dari cangkang udang vaname....	43
Gambar 4.6	Metode ekstrapolasi pada plot Tafel (Raja dkk., 2013).....	44
Gambar 4.7	Kurva konsentrasi WSC udang (mg/L) terhadap EI (%).....	46
Gambar 4.8	Kurva isothermal adsorpsi Freundlich a) WSC udang vaname, b) WSC kerang kampak.....	48
Gambar 4.9	Perkiraan mekanisme adsorpsi molekul WSC pada permukaan <i>tinplate</i> .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data rata-rata persentase kitin dan WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak.....	35
Tabel 4.2 Perbandingan serapan puncak antara spektra IR sampel dengan literatur (Kumari dkk., 2015).....	37
Tabel 4.3 Perbandingan serapan puncak antara spektra IR sampel dengan literatur (Ramasamy dkk., 2014).....	39
Tabel 4.4 Data rata-rata parameter korosi dan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) pada <i>tinplate</i> dalam larutan NaCl 2% dengan metode pengurangan berat ( <i>weightloss</i> ).....	40
Tabel 4.5 Data rata-rata parameter korosi dan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang kerang kampak ( <i>Atrina pectinata</i> ) pada <i>tinplate</i> dalam larutan NaCl 2% dengan metode pengurangan berat ( <i>weightloss</i> ).....	41
Tabel 4.6 Data rata-rata parameter korosi dan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) pada <i>tinplate</i> dalam larutan NaCl 2% dengan metode polarisasi potensiodinamik.....	45
Tabel 4.7 Perbandingan nilai regresi beberapa model isothermal adsorpsi WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak pada permukaan <i>tinplate</i> berdasarkan uji inhibisi dengan metode <i>weightloss</i> ...	47
Tabel 4.8 Data parameter termodinamika untuk WSC pada <i>tinplate</i> dalam larutan NaCl 2%.....	48
Tabel 4.9 Data rata-rata ketebalan <i>coating</i> Sn pada <i>tinplate</i> .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	65
LAMPIRAN B.....	67
B.1 Preparasi NaOH 10% w/w dari NaOH Pelet.....	67
B.2 Preparasi NaOH 50% w/w dari NaOH Pelet.....	67
B.3 Preparasi CH <sub>3</sub> COOH 2% w/w dari CH <sub>3</sub> COOH 30%..	68
B.4 Preparasi Larutan NaCl 2% w/v dan Inhibitor.....	68
B.5 Perhitungan Persentase Kitin dan Kitosan Larut Air (WSC).....	71
B.6 Penentuan Parameter Korosi.....	72
B.7 Isotermal Adsorpsi dan Studi Termodinamika Korosi.....	77
LAMPIRAN C.....	85
C.1 Spektra FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ).....	85
C.2 Spektra FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Kerang Kampak ( <i>Atrina pectinata</i> ).....	87
C.3 Spektra FTIR Literatur untuk Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )...	89
C.4 Spektra FTIR Literatur untuk Kitin dan WSC dari Cangkang Kerang Kampak ( <i>Atrina pectinata</i> ).....	90
LAMPIRAN D.....	93
LAMPIRAN E.....	101
E.1 Gambar Penampang Melintang Beberapa Potong Tinplate dari Lembaran Tinplate yang Sama.....	101
E.2 Data Ketebalan Coating Sn Beberapa Potong Tinplate dari Lembaran Tinplate yang Sama.....	101

## DAFTAR SINGKATAN

WSC	<i>Water-Soluble Chitosan</i> (kitosan larut air)
W	Berat spesimen sebelum direndam dalam media korosif (g)
W'	Berat spesimen sesudah direndam dalam media korosif (g)
$\Delta W$	Perubahan berat spesimen antara sebelum dan sesudah direndam dalam media korosif (g)
$\Delta W_{inh}$	Perubahan berat spesimen antara sebelum dan sesudah direndam dalam media korosif dengan adanya penambahan inhibitor (g)
$\theta$	Cakupan permukaan
LK	Laju korosi (mmpy)
EI	Efisiensi inhibisi (%)
$\rho$	Densitas spesimen ( $\text{g/cm}^3$ )
A	Luas permukaan spesimen ( $\text{cm}^2$ )
t	Waktu perendaman spesimen dalam media korosif (jam)
$E_{kor}$	Potensial korosi (mV)
$I_{kor}$	Densitas arus korosi ( $\mu\text{A/cm}^2$ )
$\beta_a$	<i>Slope</i> Tafel anodik
$\beta_k$	<i>Slope</i> Tafel katodik
EW	Berat ekivalen spesimen (g/mol)
DD	Derajat deasetilasi (%)
NACE	<i>National Association of Corrosion Engineers</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Korosi adalah proses destruksi logam karena adanya interaksi dengan lingkungan sehingga logam tersebut lebih stabil pada keadaan teroksidasi dibandingkan tereduksi (Trethwey, 1991). NACE menyatakan bahwa total biaya yang dikeluarkan akibat korosi di Amerika pada tahun 2011 sebesar 29.333,33 triliun rupiah. Biaya tersebut dapat dikurangi sebesar 15%-35% dengan mengaplikasikan metode pencegahan korosi yang sudah tersedia (Verma dkk., 2017).

Korosi pada logam menyebabkan kerugian ekonomi yang besar pada berbagai industri, salah satunya industri pengalengan makanan (Fayyad dkk., 2016). Pada industri pengalengan makanan, *tinplate* merupakan material yang digunakan sebesar 80%. *Tinplate* memiliki ketebalan yang semakin tipis dari waktu ke waktu, hal ini dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya korosi (Huang dkk., 2014). Selain itu, adanya ion klorida pada produk makanan yang mengandung NaCl, dapat merusak lapisan Sn pada permukaan *tinplate* sehingga menyebabkan terjadinya korosi (Xia dkk., 2012).

Pada industri pengalengan makanan, korosi pada *tinplate* dapat menyebabkan kerusakan tampilan produk serta memberikan efek pada nutrisi dan kesehatan produk (Catala dkk., 1998). Pencegahan korosi merupakan upaya penting pada industri penggunaan suatu logam. Diantara beberapa metode pencegahan korosi, inhibitor korosi memiliki beberapa kelebihan baik dari segi ekonomi, efisiensi yang tinggi serta aplikasi yang luas (Hamdani dkk., 2015).

Inhibitor korosi adalah suatu senyawa yang dapat teradsorpsi pada permukaan *tinplate*, menempati sisi aktif

sehingga mengurangi laju korosi. Kemampuan adsorpsi inhibitor pada permukaan *tinplate* tergantung pada sifat dan muatan pada permukaan *tinplate*, komposisi kimia dari elektrolit, karakteristik struktur molekul dan elektronik suatu molekul inhibitor (El-Lateef dkk., 2012). Inhibitor korosi dapat menggunakan senyawa organik (seperti poliamina, karboksilat rantai panjang, imidazol dan senyawa turunannya) maupun senyawa anorganik (seperti fosfat, kromat, nitrit) (M'hiri dkk., 2015).

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai penggunaan inhibitor korosi pada *tinplate*. Arenas dkk. (2002) telah melaporkan bahwa penggunaan cerium sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* memiliki efisiensi inhibisi maksimum sebesar 96% (1000 ppm). Zakaria dkk. (2014) telah melaporkan bahwa penggunaan *L-citrulline* sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam media NaCl 2% memiliki efisiensi inhibisi maksimum sebesar 36% (*weightloss*) dan 74,59% (polarisasi potensiodinamik) (150 mg/L). Grassino dkk. (2016) telah melaporkan bahwa penggunaan pektin limbah kulit tomat dari industri pengalengan sebagai inhibitor korosi pada timah memiliki efisiensi inhibisi maksimum sebesar 72,98% (4 g/L).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari pengganti inhibitor anorganik karena bersifat oksidator pada konsentrasi tinggi. Terdapat senyawa organik non toksik seperti poliamina yang telah diteliti sebagai inhibitor korosi. Kemampuan senyawa tersebut dalam menghambat korosi disebabkan karena terdapat gugus fungsi amina ( $-NH_2$ ) yang dapat berikatan kuat dengan permukaan logam (Aghzzaf dkk., 2012). Poliamina dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi karena efektif menutupi permukaan logam, kemampuan khelat yang tinggi, ukuran molekul yang besar serta memiliki banyak sisi adsorpsi. Salah satu biopolimer yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi adalah kitosan dan turunannya (Sagheetha dkk., 2015). Kitosan adalah produk N-deasetilasi kitin yang memiliki sifat



toksisitas rendah, biodegradabilitas serta kemampuan adsorptif yang bagus (El-Haddad, 2013). Kitosan aman digunakan dalam bidang pangan (Ghorbel-Bellaaj dkk., 2013). Kitosan dapat disintesis dari kitin yang terdapat pada cangkang kepiting, kerang dan udang. Industri pengolahan kepiting, kerang dan udang menghasilkan limbah dengan jumlah besar yang dapat menyebabkan masalah lingkungan (terutama bagian kepala, cangkang dan ekor yang mewakili sekitar 50-70% dari berat hewan tersebut) (Arancibia dkk., 2014).

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai kitosan dan turunannya sebagai penghambat korosi. Firdausi dan Harmami (2014) telah melaporkan bahwa pelapisan kitosan pada *tinplate* secara elektroforesis dalam NaCl 3% pada waktu elektroforesis selama 10 menit dan potensial sebesar 2,5 Volt mampu menurunkan laju korosi sebesar 70,6%. Wardani dan Harmami (2014) telah melaporkan bahwa pelapisan kitosan pada SS 304 secara elektroforesis dalam NaCl 3% memiliki perlindungan maksimum pada waktu elektroforesis selama 30 menit dengan potensial sebesar 2,5 Volt. Ruhi dkk. (2015) telah melaporkan bahwa pelapisan kitosan-polipirol-SiO<sub>2</sub> pada baja lunak memiliki efisiensi perlindungan maksimum sebesar 99,99%. Riszki dan Harmami (2015) telah melaporkan bahwa pelapisan kitosan pada SS 304 secara elektroforesis dalam NaCl 3% memiliki perlindungan maksimum pada suhu elektroforesis 50°C dengan laju korosi sebesar 0,00065 mpy. Balaji dan Sethuraman (2017) telah melaporkan bahwa pelapisan kitosan-didoping-hibrid/TiO<sub>2</sub> dengan metode sol-gel pada logam aluminium dalam NaCl 3,5% memiliki efisiensi perlindungan maksimum sebesar 94,1% (EIS) dan 90,5% (polarisasi potensiodinamik). Saleh dkk. (2017) telah melaporkan bahwa pengendalian korosi dengan inhibitor kitosan larut air pada baja lunak dalam HCl 1M memiliki efisiensi inhibisi maksimum sebesar 73,5% (100 ppm).

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan tingginya kandungan gugus amina primer pada kitosan, maka kitosan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi karena gugus amino primer dapat berikatan dengan permukaan logam (Aghzzaf dkk., 2012). Akan tetapi, pada lingkungan dengan pH diatas 6, kitosan menjadi tidak larut dalam air sehingga membatasi penggunaannya sebagai inhibitor korosi dalam media berair. Pada penelitian ini disintesis kitosan larut air (*Water-Soluble Chitosan/ WSC*) dari kitin ekstrak cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan kerang kampak (*Atrina pectinata*). WSC dari cangkang udang vaname diduga memiliki efisiensi inhibisi korosi yang berbeda dengan kitosan larut air dari cangkang kerang kampak. Hal ini karena cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak memiliki kandungan kitin yang berbeda. Oleh sebab itu, pada penelitian ini disintesis WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak yang diharapkan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% serta untuk mengetahui perbedaan efisiensi inhibisi korosi antara keduanya pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%.

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, sintesis WSC dari serbuk cangkang udang dan kerang dilakukan melalui 2 proses. Proses pertama yaitu ekstraksi kitin dari serbuk cangkang udang dan kerang, proses kedua yaitu sintesis WSC dari kitin dengan metode perendaman (Du dkk, 2009). Produk yang dihasilkan berupa WSC lalu dikarakterisasi dengan FTIR. Pengujian korosi untuk WSC udang meliputi metode pengurangan berat dan polarisasi potensiodinamik, sedangkan untuk WSC kerang melalui metode pengurangan berat. Variasi konsentrasi WSC yang digunakan yaitu 0, 10, 250, 500, 750, 1000, 1300 dan 1500 mg/L.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kinerja WSC sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% yaitu efisiensi inhibisi, tipe inhibisi, mekanisme inhibisi serta perbedaan inhibisi korosi antara WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%.

## **1.5 Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk berupa inhibitor korosi kitosan larut air (WSC) untuk *tinplate* yang diaplikasikan dalam industri pengalengan makanan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan perbedaan efisiensi inhibisi antara WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Tinplate*

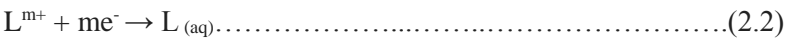
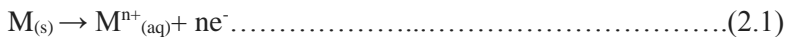
*Tinplate* merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan pada industri pengemasan. *Tinplate* digunakan lebih dari 80% meskipun terdapat alternatif material baru seperti alumunium dan baja terlapis krom yang saat ini banyak digunakan pada industri pengemasan. *Tinplate* adalah baja rendah karbon dengan lapisan timah murni pada kedua sisinya (Xia dkk., 2012). Terdapat dua cara pembuatan *tinplate*, yang pertama yaitu dengan cara mencelupkan baja lunak rendah karbon ke dalam lelehan timah (*hot dipping*), sedangkan yang kedua yaitu dengan cara elektrodeposisi (Arenas dkk., 2002). Pada metode *hot dipping*, dihasilkan lapisan timah yang relatif tebal, sedangkan pada metode elektrodeposisi, lapisan timah yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan (Sutrisno, 2013).

Ketebalan baja karbon pada *tinplate* sekitar ~0,15-0,5 mm atau bahkan lebih tipis, lapisan timah murni pada *tinplate* sekitar 1,0-1,2% dari berat total *tinplate*. Kandungan timah putih pada permukaan *tinplate* dinyatakan dengan TP diikuti dengan angka yang menunjukkan kandungan timah putih tersebut, misalnya TP 25 yang menunjukkan kandungan 2,8 g/m<sup>2</sup> timah putih (Sutrisno, 2013). Perpaduan antara sifat kuat, mudah dibentuk, ketahanan terhadap korosi yang baik dan tampilan timah yang bagus menyebabkan *tinplate* banyak digunakan pada industri pengemasan makanan (Xia dkk., 2012). Selain pada industri pengemasan makanan, *tinplate* juga digunakan pada pengemasan produk lem, oli, cat, produk dalam bentuk serbuk, semir, lilin, bahan kimia serta produk-produk lain (Martins, 2012).

**2.2 Korosi**

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan yang disebabkan karena adanya reaksi elektrokimia antara material dengan lingkungan (Fontana, 1987). Proses korosi terjadi karena suatu material secara termodinamika lebih stabil berada dalam keadaan teroksidasi (terkorosi) daripada tereduksi (Trethwey, 1991). Dalam hal ini, material yang dimaksud adalah logam dan non logam seperti keramik, plastik dan karet. Hampir semua lingkungan bersifat korosif, misalnya udara, air, garam mineral, asam organik, alkali, tanah, pelarut, minyak petroleum dan beberapa produk makanan (Fontana, 1987). Terdapat 3 faktor yang dapat menyebabkan korosi, yakni logam (komposisi), lingkungan (keadaan kimia) serta interaksi logam-lingkungan (Shreir dan Jaman, 1993).

Reaksi yang terjadi pada proses korosi adalah reaksi elektrokimia yang disebabkan karena adanya transfer muatan, dimana lingkungan dapat berupa fasa cair maupun bukan berupa fasa cair. Korosi pada logam terjadi akibat adanya reaksi oksidasi/anodik (Persamaan 2.1) dan reaksi reduksi/katodik (Persamaan 2.2).



Dimana M merupakan logam dan L merupakan ion korosif (Jones, 1996b).

Korosi pada logam terdapat beberapa jenis korosi, antara lain :

- a. Korosi merata  
Korosi merata terjadi pada suatu logam dalam lingkungan korosif yang mempunyai akses sama pada semua bagian

dari permukaan logam. Dan logam tersebut memiliki komposisi yang sama.

b. Korosi galvanik

Korosi galvanik terjadi ketika dua jenis logam dipasangkan dan diletakkan pada lingkungan yang korosif, dimana salah satu logam tersebut terkorosi (potensial lebih negatif) dan logam yang lain terlindungi dari korosi (potensial lebih positif).

c. Korosi *crevice* (celah)

Korosi celah terjadi pada celah suatu paduan logam yang terbentuk karena adanya kontak dengan bahan lain. Celah tersebut terbentuk karena adanya baut atau paku yang terbuat dari paduan logam sejenis maupun berbeda jenis, deposit lumpur, pasir atau padatan tidak larut lain.

d. Korosi *pitting* (sumuran)

Korosi sumuran terjadi akibat adanya serangan satu titik pada suatu paduan logam. Sumuran tersebut dapat berupa lubang yang dalam maupun lubang yang dangkal.

e. *Environmentally induced cracking* (EIC)

Patahan pada paduan logam yang berinteraksi dengan lingkungan dapat menyebabkan terjadinya korosi merata atau *environmentally induced cracking* (EIC). Korosi yang termasuk dalam EIC adalah *stress corrosion cracking* (SCC), *corrosion fatigue cracking* (CFC) dan *hydrogen-induced cracking* (HIC).

f. *Hydrogen damage*

*Hydrogen damage* terjadi karena adanya reaksi antara gas hidrogen dengan karbida pada logam maupun paduannya membentuk metana, yang mengakibatkan dekarburisasi, rongga dan lepuhan pada permukaan logam maupun paduannya. Gas hidrogen tersebut menghasilkan tekanan

internal merusak dan memecah logam maupun paduannya.

g. Korosi intergranular (batas butir)

Korosi batas butir terjadi akibat adanya suatu paduan reaktif yang terpisah. Hal ini menyebabkan batas butir suatu paduan atau daerah yang berdekatan dari suatu paduan kurang tahan terhadap korosi.

h. *Dealloying*

Korosi *dealloying* terjadi pada saat suatu unsur paduan aktif yang berinteraksi dengan pelarut. *Dealloying* pada kuningan disebut *dezincification*. Lapisan yang terbentuk akibat adanya *dezincification* dapat ditandai dengan timbulnya warna merah oleh tembaga pada permukaan kuningan.

i. Korosi erosi

Korosi erosi terjadi pada fluida korosif yang mempunyai kecepatan aliran tinggi (turbulensi). Gerakan cepat dari fluida korosif mengikis dan menghilangkan film pasif produk yang berfungsi sebagai pelindung korosi, sehingga paduan reaktif bagian bawah produk mengalami interaksi dengan fluida korosif dan mempercepat proses korosi. Pasir atau suspensi lain dapat meningkatkan erosi dan mempercepat proses korosi erosi. Serangan pada pasif film umumnya mengikuti arah aliran lokal dan turbulensi di permukaan logam (Jones, 1992a).

### 2.2.1 Korosi pada *Tinplate*

*Tinplate* adalah baja lunak rendah karbon yang terlapis timah pada kedua sisi permukaannya sehingga membentuk lapisan  $\text{FeSn}_2$ . Lapisan  $\text{FeSn}_2$  mempengaruhi sifat ketahanan korosi *tinplate*. Sifat tahan korosi *tinplate* tergantung pada ketebalan, mikrostruktur dan kepadatan lapisan paduan  $\text{FeSn}_2$  yang

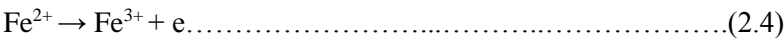
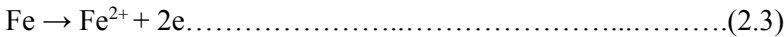


terbentuk. Sifat lapisan paduan  $\text{FeSn}_2$  yang terbentuk dipengaruhi oleh proses pembuatan *tinplate* seperti waktu dan temperatur proses pembuatan (Huang dkk., 2014). Lapisan  $\text{FeSn}_2$  yang terbentuk pada permukaan *tinplate* berfungsi untuk melindungi baja dari korosi galvanik. Lapisan timah bertindak sebagai anoda tumbal sehingga terbentuk lapisan pelumas yang menjadi penghalang antara material dengan media korosif (Martins, 2012). Adanya ion klorida atau ion-ion halida lain pada suatu media dapat menyebabkan terjadinya korosi lokal. Pada korosi lokal, lapisan pasivasi  $\text{FeSn}_2$  mengalami kerusakan sehingga lapisan dibawahnya terpapar media korosif (Arenas dkk., 2002).

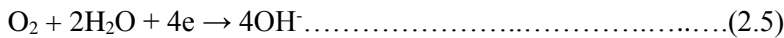
Pada industri pengalengan makanan, *tinplate* dapat mengalami korosi karena kandungan garam  $\text{NaCl}$  dalam makanan (Xia dkk., 2012). Pada industri pengemasan makanan, korosi pada *tinplate* dapat menyebabkan kerusakan tampilan produk dan memberikan efek pada nutrisi dan kesehatan produk. Produk makanan tersebut dapat terkontaminasi oleh timah atau besi selama proses korosi. Pada dasarnya, timah bukan merupakan logam beracun. Akan tetapi, timah dengan dosis tinggi pada makanan dapat menyebabkan gangguan pencernaan serius (Catala dkk., 1998). Korosi yang terjadi pada *tinplate* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti material, sifat dari lapisan organik, komposisi dari isi produk dan sifat dari media yang melakukan kontak dengan *tinplate* (Addi dkk., 2013).

Mekanisme korosi pada *tinplate* dalam media  $\text{NaCl}$  (Gambar 2.1) terjadi ketika gas  $\text{O}_2$  masuk pada permukaan larutan pada baja karbon. Hal ini menyebabkan lapisan  $\text{FeSn}_2$  terpapar media korosif, karena lapisan  $\text{FeSn}_2$  sangat tipis menyebabkan baja karbon terpapar media korosif dengan cepat. Korosi terjadi ketika terjadi reduksi oksigen pada lapisan timah. Elektron mengalir dari baja karbon (bertindak sebagai anoda) (Reaksi pada

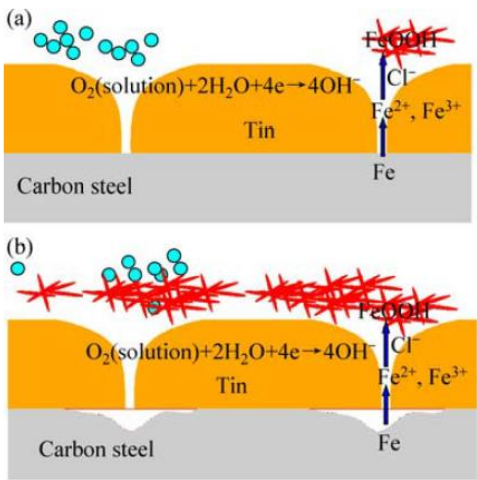
Gambar 2.1 (a) dan Persamaan 2.4) menuju ke daerah yang kaya akan oksigen pada permukaan logam (bertindak sebagai katoda). Reaksi yang terjadi pada katoda dapat dilihat pada Persamaan 2.5. Reaksi anodik :



Reaksi katodik :



(Xia dkk, 2012).



Gambar 2.1 Proses korosi pada *tinplate* dalam media NaCl : (a) Keadaan awal; (b) Keadaan setelah terjadi korosi (Xia dkk, 2012).

### 2.2.2 Pengendalian Korosi

Korosi pada logam dan paduannya dapat dicegah dengan beberapa metode. Secara umum terdapat 5 metode pengendalian

korosi, antara lain pemilihan material, pengendalian lingkungan, perancangan desain, pelapisan dan perlindungan katodik.

a. Pemilihan material

Metode yang paling umum untuk mencegah korosi adalah pemilihan logam yang tepat atau paduan untuk suatu lingkungan korosif tertentu. Pemilihan paduan logam yang disesuaikan pada media korosif tertentu bertujuan untuk menghasilkan sifat ketahanan korosi tinggi dengan biaya rendah.

b. Pengendalian lingkungan

Pengendalian lingkungan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara mengubah media atau mengendalikan media. Media dapat diubah dengan cara menurunkan temperatur, menurunkan kecepatan, menghilangkan kandungan oksigen atau agen pengoksidasi serta mengubah konsentrasi. Media dapat dikendalikan dengan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah zat yang ditambahkan dalam konsentrasi rendah pada lingkungan korosif sehingga dapat menurunkan laju korosi.

c. Perancangan desain

Perancangan desain harus mempertimbangkan syarat mekanis dan kekuatan serta faktor lain yang dapat menyebabkan terjadinya korosi. Desain komponen harus didasarkan pada material konstruksi (Fontana, 1987).

d. Pelapisan (*coating*)

*Coating* adalah proses pelapisan permukaan logam dengan cairan atau serbuk, dimana lapisan tersebut dapat meminimalkan interaksi antara logam dengan lingkungan korosif. Pelapisan bertujuan untuk menghasilkan lapisan isolator yang dapat menghambat aliran listrik di seluruh

permukaan logam sehingga menghambat proses korosi (Nugroho, 2011).

e. Perlindungan katoda dan anoda

Perlindungan katoda adalah menyediakan elektron pada struktur logam yang akan dilindungi, dengan menyediakan elektron pada struktur logam sehingga dapat menekan penguraian logam (oksidasi) dan meningkatkan laju pembentukan hidrogen. Terdapat dua cara perlindungan katodik, yaitu dengan menyediakan arus dari luar (*impressed current*) dan anoda tumbal (*sacrificial anode*) (Fontana, 1987).

### **2.2.3 Inhibitor Korosi**

Salah satu metode pengendalian korosi dengan mengendalikan lingkungan korosif adalah penambahan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah zat kimia yang ditambahkan pada lingkungan korosif dengan konsentrasi tertentu yang bertujuan untuk menurunkan laju korosi (Shabani-Nooshabadi dan Gandchi, 2015). Inhibitor korosi dapat berupa senyawa organik (seperti poliamina, karboksilat rantai panjang, imidazol dan senyawa turunannya) maupun senyawa anorganik (seperti fosfat, kromat, nitrit) (M'hiri dkk., 2015). Inhibitor korosi berupa senyawa anorganik pada umumnya bersifat toksik sehingga inhibitor korosi berupa senyawa anorganik dibatasi penggunaannya (El-Fattah dkk., 2016).

Pencegahan korosi sebaiknya menggunakan senyawa yang ramah lingkungan dengan dampak yang rendah bahkan tidak berdampak pada lingkungan. Penggunaan senyawa organik sebagai inhibitor korosi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk mencegah korosi. Telah diketahui bahwa inhibitor korosi organik berperan dalam proses adsorpsi pada permukaan logam dan pembentukan lapisan pelindung korosi.

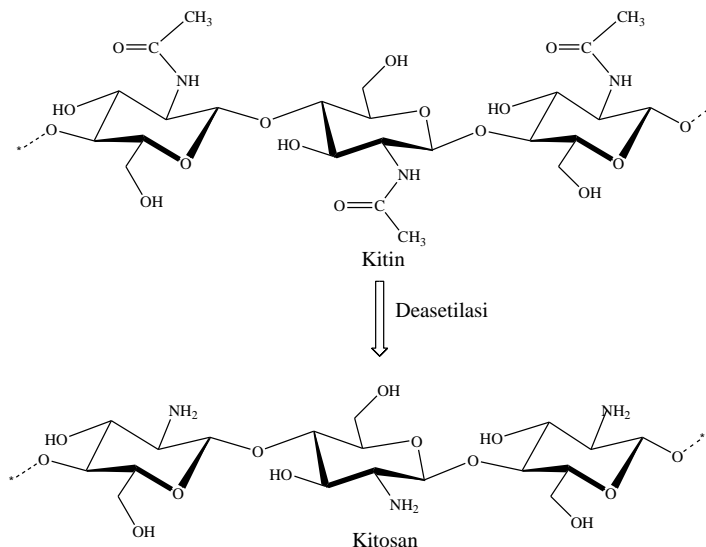
Senyawa organik mengandung heteroatom dengan densitas elektron yang tinggi seperti fosfor, nitrogen, sulfur, oksigen atau atom-atom lain yang memiliki ikatan rangkap yang berperan sebagai pusat adsorpsi sehingga efektif digunakan sebagai inhibitor korosi (Khadraoui dkk., 2016).

## 2.3 Kitosan

Kitosan ( $\beta$ -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa) merupakan senyawa derivat terdeasetilasi dari kitin. Kitosan dapat diperoleh dari kitin dengan cara isolasi yang meliputi proses deproteinisasi, demineralisasi dan pemutihan. Kitosan mempunyai beberapa sifat seperti antioksidan, anti-mikroba dan mudah membentuk suatu lapisan film, karena sifat-sifat tersebut kitosan banyak dimanfaatkan pada industri (Arancibia dkk., 2014). Sifat-sifat pada kitosan tersebut dipengaruhi oleh tingginya kadar gugus amino primer dengan nilai pKa sebesar 6,3. Pada lingkungan dengan pH rendah, muatan positif pada gugus  $-\text{NH}_3^+$  mengubah kitosan menjadi kation larut air, pada lingkungan dengan pH lebih dari 6, muatan positif pada gugus amino hilang dan kitosan menjadi tidak larut air (Kumirska dkk., 2010).

Kitosan merupakan polisakarida alami non toksik yang melimpah keberadaanya pada eksoskeleton *crustaceae*. Kitosan aman digunakan sebagai suplemen makanan, bahan baku makanan serta komponen kosmetik karena bersifat anti-mikroba melawan jamur, *yeast* dan bakteri (Chantarasataporn dkk., 2013). Hal ini karena kitosan memiliki toksisitas yang rendah :  $\text{LD}_{50}$  kitosan sebesar 16 g/kg berat badan, dimana nilai tersebut setara dengan gula dan garam. Kitosan aman digunakan hingga 19% pada makanan. Kitosan banyak digunakan pada industri biomedikal, pengolahan air limbah, makanan, kosmetik dan industri serat (Kumirska dkk., 2010). Selain itu, kitosan juga memiliki kadar gugus hidroksil dan gugus amino (kadar nitrogen

sebesar 6,89%) yang tinggi sehingga berpotensi sebagai inhibitor korosi (El-Haddad, 2013). Struktur kitin dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Kitin dan Kitosan (Siripatrawan, 2016)

## 2.4 Metode Pengukuran Laju Korosi

Pengukuran laju korosi pada logam menggunakan suatu inhibitor korosi perlu dilakukan untuk mengetahui efisiensi inhibisi suatu inhibitor terhadap proses korosi. Diantara beberapa metode yang umumnya digunakan untuk menentukan efisiensi inhibisi suatu inhibitor adalah metode pengurangan berat (*weightloss*) dan metode polarisasi potensiodynamik.

### 2.4.1 Metode Pengurangan Berat (*Weightloss*)

Metode pengurangan berat adalah metode yang digunakan untuk menentukan besar efisiensi inhibisi suatu inhibitor dengan menghitung perbedaan berat pada spesimen sebelum dan sesudah

direndam pada media korosif (Mourya dkk., 2014). Metode pengurangan berat adalah metode konvensional dan metode paling simpel diantara semua metode yang digunakan untuk menentukan laju korosi suatu logam. Metode pengurangan berat dilakukan dengan memaparkan sebuah spesimen material pada suatu lingkungan dalam suatu waktu tertentu, kemudian dilakukan pengukuran (Bhawsar dkk., 2015).

Informasi yang diperoleh dari metode pengurangan berat yaitu berat spesimen sebelum direndam pada media korosif (W) dan berat spesimen sesudah direndam pada media korosif (W') yang digunakan untuk menentukan laju korosi spesimen pada media korosi tertentu. Selain itu, dari metode pengurangan berat dapat diperoleh informasi mengenai cakupan permukaan ( $\theta$ ) yang didefinisikan sebagai luas permukaan spesimen yang terlapis inhibitor dibandingkan dengan permukaan spesimen secara keseluruhan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan laju korosi (LK), cakupan permukaan ( $\theta$ ) dan efisiensi inhibisi (EI) masing-masing dapat dilihat pada Persamaan 2.6, 2.7 dan 2.8

$$LK \text{ (mmpy)} = \frac{0,000875 \times (W - W')}{\rho \times A \times t} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\theta = \frac{\Delta W - \Delta W_{inh}}{\Delta W} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$EI \text{ (\%)} = \theta \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

W = Berat spesimen sebelum direndam pada media korosif (g)

W' = Berat spesimen sesudah direndam pada media korosif (g)

$\rho$  = Densitas spesimen ( $\frac{g}{cm^3}$ )

A = Luas permukaan spesimen (cm<sup>2</sup>)

- $t$  = Waktu perendaman spesimen dalam media korosif (jam)  
 $\theta$  = Cakupan permukaan  
 $\Delta W$  = Perbedaan berat spesimen pada larutan NaCl 2% tanpa penambahan inhibitor (g)  
 $\Delta W_{inh}$  = Perbedaan berat spesimen pada larutan NaCl 2% dengan adanya penambahan inhibitor (g)  
 $LK$  = Laju korosi (mmpy)  
 $EI$  = Efisiensi inhibisi (%) (Yadav dkk., 2015).

## 2.4.2 Metode Polarisation Potensiodinamik

Pengukuran polarisasi adalah sebuah metode yang penting dalam menyelidiki suatu fenomena elektrokimia, seperti mekanisme reaksi dan kinetika korosi serta deposisi logam. Parameter elektrokimia yang diperoleh dari pengukuran polarisasi adalah potensial korosi ( $E_{kor}$ ), densitas arus korosi ( $I_{kor}$ ), *slope* Tafel katodik ( $\beta_k$ ) dan *slope* Tafel anodik ( $\beta_a$ ) (Shabani-Nooshabadi dan Ghandchi, 2015). Kurva polarisasi potensiodinamik menyatakan hubungan antara potensial sebagai sumbu y dengan densitas arus anoda dan katoda sebagai sumbu x untuk menentukan perilaku korosi pada permukaan suatu logam (El-Haddad, 2013). Kurva polarisasi potensiodinamik antara potensial ( $E$ ) dengan densitas arus ( $\log I$ ) diperoleh dari ekstrapolasi Tafel. Jika hasil ekstrapolasi katodik dan anodik mengalami perpotongan maka akan menghasilkan suatu titik perpotongan. Apabila titik tersebut ditarik ke arah sumbu y maka didapatkan potensial korosi ( $E_{kor}$ ) dan jika ditarik ke arah sumbu x akan didapatkan densitas arus korosi ( $I_{kor}$ ) (Hussin dan Kassim, 2011).

Laju korosi kemudian dihitung menggunakan data  $I_{kor}$  hasil ekstrapolasi Tafel lalu dimasukkan pada Persamaan 2.9



$$LK \text{ (mmpy)} = \frac{0,13 \times I_{kor}(EW)}{\rho} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

LK = Laju korosi (mmpy/mili meter per tahun)

$I_{kor}$  = Densitas arus korosi suatu logam

WE = Berat ekivalen suatu logam (g/mol)

$\rho$  = Densitas spesimen ( $\frac{g}{cm^3}$ )

Efisiensi inhibisi (EI) dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.10

$$EI \text{ (\%)} = \frac{I_{kor} - I_{kor}'}{I_{kor}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$I_{kor}$  = Densitas arus korosi spesimen dalam media korosif tanpa adanya inhibitor

$I_{kor}'$  = Densitas arus korosi spesimen dalam media korosif dengan adanya inhibitor (Yadav dkk., 2015).

## 2.5 Metode Karakterisasi

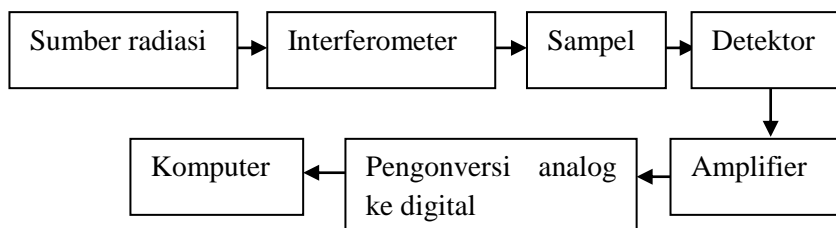
Karakterisasi suatu sampel dilakukan untuk memperoleh informasi tentang sifat-sifat fisis maupun kimiawi sampel tersebut. Salah satu metode karakterisasi yang digunakan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi pada suatu sampel adalah spektrofotometer FTIR.

### 2.5.1 Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektroskopi infra merah (IR) adalah teknik analitik yang penting dan sering digunakan pada karakterisasi senyawa kitin dan kitosan. Teknik IR didasarkan pada vibrasi yang terjadi pada atom-atom suatu molekul. Spektroskopi infra merah (IR) adalah sebuah metode karakterisasi yang digunakan untuk memperoleh informasi kimia suatu senyawa seperti struktur dan

konformasional suatu senyawa, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Spektra IR biasanya diperoleh dengan cara melewatkan radiasi elektromagnetik infra merah pada sampel sehingga terjadi sebuah momen dipol permanen atau terinduksi. Kemudian radiasi tersebut diadsorp pada energi tertentu. Energi pada tiap puncak pada spektra adsorpsi berhubungan dengan frekuensi vibrasi sebuah molekul. Spektrometer IR umumnya merekam energi radiasi elektromagnetik yang ditransmisikan pada sebuah sampel sebagai fungsi dari bilangan gelombang (*wavenumber*) atau frekuensi (Kumirska dkk., 2010).

Komponen utama dari spektrofotometer FTIR disajikan pada Gambar 2.3. Radiasi yang berasal dari sumber melewati interferometer menuju sampel sebelum mencapai detektor. Selama terjadi pergeseran sinyal, yang disebabkan oleh kontribusi frekuensi tinggi yang dieliminasi oleh filter, kemudian data dikonversi menjadi bentuk digital oleh pengonversi analog ke digital dan ditranfer menuju komputer untuk transformasi Fourier (Stuart, 2004).



Gambar 2.3 Komponen utama spektrofotometer FTIR (Stuart, 2004).

Serapan bilangan gelombang dari suatu gugus fungsi dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.11 yang diturunkan dari hukum Hooke tentang pegas. Berdasarkan Persamaan 2.11 dapat disimpulkan bahwa bilangan gelombang berbanding terbalik dengan massa atom, sehingga serapan bilangan gelombang yang

dimiliki oleh atom bermassa besar pada suatu gugus fungsi akan muncul pada daerah bilangan gelombang rendah.

$$\nu = \frac{1}{2\pi_c} \left[ \frac{f(m_1+m_2)}{m_1 m_2} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$\nu$  = Bilangan gelombang dari gerak vibrasi (cm<sup>-1</sup>)

$f$  = Konstanta gaya ikatan

$m_1$  dan  $m_2$  = massa dua atom yang saling berikatan (Bruice, 2001).

## 2.6 Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)

Kerang kampak (*Atrina pectinata*) merupakan famili dari *pinidae* dengan cangkang berbentuk seperti kipas (Liu dkk., 2009). Cangkang kerang kampak berwarna abu-abu pucat. Kerang kampak merupakan sumber makanan yang terkenal dan memiliki nilai komersial yang tinggi pada area Asia Pasifik (Maeno dkk., 2006). Habitat kerang kampak yaitu pada substrat berlumpur sampai berpasir, keberadaan kerang kampak tergolong merata, baik berkelompok maupun individu. Kerang kampak tinggal pada kedalaman 20-50 meter di lautan (An dkk., 2012). Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensial yang besar sebagai penghasil kerang. Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan pada tahun 2011, volume produksi kerang di Indonesia sebesar 54.801 ton, sementara pada tahun 2012 mengalami penurunan sebesar 18%, sehingga volume produksi hanya mencapai 50.460 ton. Selama ini, kerang kampak hanya dimanfaatkan bagian otot adduktor atau daging sehingga cangkang kerang tersebut menjadi limbah pada lingkungan (Pursetyo dkk., 2017).

Cangkang kerang kampak terdiri dari lapisan karbonat (kristalin kalsium karbonat) dimana antara cangkang dan bagian

tubuh (otot dan daging) dipisahkan oleh lapisan tipis protein. Selain itu, cangkang kerang kampak mengandung protein (3-4%), kandungan mineral yang tinggi serta kitin, lalu kitin tersebut dapat diolah menjadi kitosan (Nugroho dkk., 2017). Gambar kerang kampak disajikan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Kerang kampak (*Atrina pectinata*)  
(bioportal.naturalis.nl)

## 2.7 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Produksi udang pada tahun 2007 mencapai 3.275.726 ton dan menjadi komoditas perdagangan paling penting kedua, dan menyumbang sebesar 16,5% hasil perikanan internasional. Salah satu udang yang banyak dibudidayakan di seluruh dunia adalah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) (Cahu, dkk., 2012). Udang vaname atau yang biasa disebut dengan udang putih pasifik merupakan jenis udang penaeid komersial yang penting. Spesies ini tinggal di habitat dengan rentang salinitas yang luas, pada air payau dengan salinitas 1-2‰ dan air asin dengan salinitas 40‰. Lingkungan maksimum untuk habitat udang vaname yaitu

pada temperatur 20-30°C dengan salinitas diatas 20% (Lin dan Chen, 2003). Udang vaname banyak dibudidayakan terutama di daerah pinggiran Pasifik. Sekitar 45-48% dari berat total udang merupakan limbah berupa kepala, cangkang dan ekor. Meningkatnya produksi budidaya udang vaname dapat memicu terjadinya peningkatan produksi limbah yang dapat menyebabkan permasalahan lingkungan (Ghorbel-Bellaaj dkk., 2013).

Cangkang udang mengandung beberapa senyawa bioaktif seperti kitin, pigmen-pigmen, kalsium karbonat dan protein. Kitin dalam cangkang udang dapat diolah menjadi kitosan. Kemudian kitosan tersebut dapat diaplikasikan dalam bidang medis, terapi, kosmetik, kertas, serat dan tekstil, bioteknologi serta makanan (Ghorbelbellaaj dkk., 2013). Gambar udang vaname disajikan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)  
(bilkulonline.com)

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB III**

### **METODOLOGI PERCOBAAN**

#### **3.1 Peralatan dan Bahan**

##### **3.1.1 Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah *powdermill* (Krisbow), kertas amplas (grit 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000), peralatan gelas, pengayak 40 mesh, kertas pH universal (Merck), kertas saring halus, kertas saring kasar, oven (Thermoscientific FREAS 605), sonikator *ultrasonic cleaner* PS-20, neraca analitik (OHAUS Pioneer dengan ketelitian 0,01 g), pompa vakum, neraca analitik (OHAUS Explorer EX224 dengan ketelitian 0,0001 g), *heating magnetic stirrer* (AREC), spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (Shimadzu 8400S), mikroskop optik (100 OLYMPUS), metrohmm autolab (PGSTAT302N) dengan *software* Nova 1.11.

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) (diperoleh dari pasar tradisional Tempurejo, Surabaya), cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*) (diperoleh dari Sentra Ikan Bulak, Surabaya), *tinplate* putih (dibeli dari sebuah gudang *tinplate* dan kaleng pada Jl. Dukuh Kupang Barat, Surabaya) (ketebalan 0,1 cm, densitas 7,625 g/cm<sup>3</sup> dan berat ekuivalen 59,35 g/mol), *aquaproof*, NaOH pellet *p.a* (Merck grade EMSURE), NaOH (SAP chemicals), HCl Fuming 37% (SAP chemicals), aqua demineralisasi, aseton 99,9% (Merck), etanol 96% (SAP chemicals), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (SAP chemicals), asam asetat 30% (SAP chemicals), etanol absolut (Merck grade EMSURE), NaCl *p.a* (Merck grade EMSURE), resin dan katalis.

## **3.2 Prosedur Kerja**

### **3.2.1 Preparasi Serbuk Cangkang Udang Vaname**

Limbah cangkang udang dibersihkan dari kepala dan daging yang masih menempel lalu cangkang udang dibilas dengan air bersih, dicuci dengan air sabun dan direndam selama  $\pm 2$  jam. Selanjutnya cangkang udang dicuci dengan air perasan jeruk limau dan direndam selama  $\pm 1$  jam. Cangkang udang dijemur dibawah sinar matahari selama  $\pm 2$  hari, kemudian dihaluskan dengan *powdermill*, lalu diayak dengan ayakan 40 mesh. Serbuk cangkang udang dipanaskan selama 5 jam pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$ .

### **3.2.2 Preparasi Serbuk Cangkang Kerang Kampak**

Limbah cangkang kerang dicuci dengan air bersih, dikeringkan dibawah sinar matahari selama  $\pm 2$  hari. Kemudian cangkang kerang dihaluskan dengan *powdermill*, lalu diayak dengan ayakan 40 mesh. Serbuk cangkang udang dipanaskan selama 5 jam pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$ .

### **3.2.3 Preparasi Larutan NaCl 2%**

Media korosi yang digunakan pada penelitian ini yaitu NaCl 2% tanpa dan dengan inhibitor kitosan larut air dari udang dan kerang dengan variasi konsentrasi inhibitor sebesar 0, 10, 250, 500, 750, 1000, 1300 dan 1500 mg/L. Padatan NaCl *p.a* (Merck grade EMSURE) ditimbang dengan neraca analitik sebanyak 20,00 g, lalu padatan NaCl dilarutkan dengan aqua demineralisasi dalam labu ukur 1 L hingga batas ukur, lalu dihomogenkan. Kemudian kitosan larut air udang/kerang ditimbang sebanyak 0,7500 g, lalu dilarutkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 500 mL sehingga diperoleh larutan stok 1500 mg/L. Kemudian larutan stok 1500 mg/L diencerkan menjadi 1300, 1000, 750, 500, 250 dan 10 mg/L.



### 3.2.4 Ekstraksi Kitin

Ekstraksi kitin dari serbuk cangkang udang vaname/kerang kampak dilakukan berdasarkan metode penelitian Du dkk., (2009). Serbuk cangkang udang vaname/kerang kampak halus (40 mesh) ditimbang sebanyak 50,00 g. Serbuk cangkang udang/kerang tersebut direndam dalam 500 mL HCl 7% w/w selama 24 jam pada suhu kamar, kemudian disaring dengan kertas saring halus lalu dibilas dengan aqua demineralisasi hingga pH netral. Setelah netral, residu cangkang udang/kerang direndam dalam 500 mL NaOH 10% w/w selama 24 jam pada suhu 60°C, kemudian disaring dengan kertas saring halus lalu dicuci dengan aqua demineralisasi hingga pH netral. Perendaman residu cangkang udang/kerang dalam HCl 7% dan NaOH 10% diulang kembali hingga masing-masing perendaman mencapai 3 kali (metode sama dengan sebelumnya). Setelah residu netral, lalu dicuci dengan 125 mL etanol 96% secara bertahap kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 8-10 jam. Residu yang sudah kering disebut kitin. Persentase kitin dari cangkang udang vaname dan kerang kampak dihitung berdasarkan Persamaan 3.1

$$\text{Kitin}(\%) = \frac{\text{Massa kitin (g)}}{\text{Massa serbuk udang dan kerang (g)}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

### 3.2.5 Sintesis kitosan larut air/*Water-Soluble Chitosan* (WSC) dari kitin

Ekstraksi kitosan larut air dari kitin dilakukan berdasarkan metode penelitian oleh Du dkk., (2009). Kitin udang vaname/kerang kampak ditimbang sebanyak 10,00 g. Kitin udang/kerang dicampurkan dengan 20 mL NaOH 50% pada suhu 60°C selama 8 jam, lalu disaring residu dengan kertas saring halus dan dicuci dengan aqua demineralisasi panas (60°C) sebanyak 3

kali volume filtrat. Kemudian residu dikeringkan pada suhu 50°C selama 8-10 jam, residu yang telah kering disebut kitosan kasar. Kitosan kasar udang vaname/kerang kampak ditimbang sebanyak 1,0000 g. Lalu sebanyak 10 mL asam asetat 2% ditambahkan ke dalam kitosan kasar udang/kerang yang sudah ditimbang. Campuran kitosan kasar dan larutan asam asetat diaduk dengan *hotplate magnetic stirrer* pada suhu 40°C. Pada saat suhu mencapai 40°C, lalu ditambahkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% sebanyak 4 mL pada campuran dan direaksikan selama 4 jam pada suhu 40°C. Setelah direaksikan selama 4 jam, ditambahkan NaOH 10% pada campuran hingga pH netral. Pada saat pH netral, campuran disaring dengan kertas saring kasar dan dicuci dengan aqua demineralisasi maksimal sebanyak 10 mL. Kemudian ditambahkan etanol absolut pada filtrat hasil penyaringan sebanyak dua kali volume filtrat. Filtrat yang sudah tercampur dengan etanol diinkubasi selama 8-10 jam pada udara ambien dalam keadaan tertutup *plastic wrap*. Setelah proses inkubasi, filtrat dikeringkan pada suhu 50°C hingga kering dan terbentuk padatan yang disebut kitosan larut air. Persentase WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak dihitung berdasarkan Persamaan 3.2

$$\text{WSC}(\%) = \frac{\text{Massa WSC (g)}}{\text{Massa serbuk udang dan kerang (g)}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

### 3.2.6 Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel hasil sintesis. Karakterisasi dilakukan pada bilangan gelombang 400-4000 cm<sup>-1</sup> dengan resolusi 4 cm<sup>-1</sup>. Sampel hasil sintesis ditambahkan padatan KBr dengan perbandingan sampel:KBr sebanyak 1:9. Lalu sampel dan padatan KBr dicampurkan dengan cara ditumbuk dengan mortar

dan alu. Campuran sampel dan padatan KBr dimampatkan dengan alat pompa hidrolik lalu dicetak dengan cetakan sehingga terbentuk pelet tipis. Setelah itu, pelet tersebut ditempatkan dalam *pellet holder* dan dimasukkan dalam *holder FTIR*. Sehingga diperoleh spektra FTIR berupa kurva antara bilangan gelombang sebagai sumbu x dengan transmittan sebagai sumbu y. Spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang dan cangkang kerang kemudian dibandingkan dengan literatur, masing masing yaitu Kumari dkk.(2015) untuk kitin dan WSC dari cangkang udang dan Ramasamy dkk. (2014) untuk kitin dan WSC dari cangkang kerang.

### **3.2.7 Metode Pengurangan Berat (*Weightloss*)**

*Tinplate* dipotong berbentuk persegi dengan ukuran 2x2 cm<sup>2</sup>. Potongan *tinplate* dicuci dengan air lalu dicuci dengan aseton. Kemudian *tinplate* dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 20 menit. Setelah 20 menit, *tinplate* didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit. Kemudian *tinplate* ditimbang sehingga diperoleh berat awal pelat ( $W_0$ ) dalam satuan gram. Media korosi yang digunakan pada penelitian ini yaitu NaCl 2% tanpa dan dengan inhibitor kitosan larut air dari udang dan kerang dengan variasi konsentrasi inhibitor sebesar 0, 10, 250, 500, 750, 1000, 1300 dan 1500 mg/L. Masing-masing larutan tersebut diambil sebanyak 15 mL dan dimasukkan pada gelas beker 50 mL, yang di dalamnya terdapat *tinplate* berukuran 2x2 cm<sup>2</sup> kemudian didiamkan selama 72 jam. Setelah 72 jam, *tinplate* diangkat, dicuci dengan air lalu dicuci dengan aseton. Kemudian *tinplate* dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 20 menit. Setelah 20 menit, *tinplate* didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit. Kemudian *tinplate* ditimbang sehingga diperoleh berat akhir pelat ( $W_i$ ) dalam satuan gram. Data berat awal dan berat akhir *tinplate* kemudian dihitung berdasarkan Persamaan 2.8, 2.9

dan 2.10 sehingga diperoleh data laju korosi (mmpy), cakupan permukaan dan efisiensi inhibisi (%) kitosan larut air dari udang dan kerang pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%.

### 3.2.8 Metode Polarisasi Potensiodinamik

Metode polarisasi potensiodinamik dilakukan dengan sel 3 elektroda, elektroda kerja adalah *tinplate*, elektroda bantu berupa kawat platinum dan elektroda pembanding berupa Ag/AgCl (KCl 3M). Metode polarisasi potensiodinamik dilakukan pada rentang potensial -150 sampai +150 mV dan laju pemindaian sebesar 1 mV/s. *Tinplate* dipotong berbentuk persegi panjang dengan ukuran 4x1 cm<sup>2</sup>. Potongan *tinplate* dicuci dengan air lalu dicuci dengan aseton. Setelah kering, *tinplate* dilapisi *aquaproof*, dimana satu ujung pelat tidak dilapisi dengan *aquaproof* pada kedua sisinya dengan ukuran 1x1 cm<sup>2</sup> dan ujung pelat yang lain tidak dilapisi dengan *aquaproof* pada satu sisinya dengan ukuran 1x1 cm<sup>2</sup>. Lalu lapisan *aquaproof* pada *tinplate* dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C hingga kering. Setelah kering, *tinplate* dicuci lagi dengan aseton untuk menghilangkan sisa-sisa *aquaproof*. Media korosi yang digunakan pada penelitian ini yaitu NaCl 2% tanpa dan dengan inhibitor kitosan larut air dari udang dengan variasi konsentrasi inhibitor sebesar 0, 10, 250, 500, 750, 1000, 1300 dan 1500 mg/L. Masing-masing larutan tersebut diambil sebanyak 25 mL dan diletakkan pada gelas beker 50 mL. Kemudian *tinplate*, elektroda bantu dan elektroda pembanding direndam dalam media korosi selama 20 menit untuk pengondisian. Lalu *tinplate* diuji dengan metode polarisasi potensiodinamik. Data yang diperoleh pada metode polarisasi potensiodinamik berupa kurva antara potensial sebagai sumbu x dengan fungsi log dari densitas arus sebagai sumbu y. Kemudian kurva tersebut diekstrapolasi Tafel menghasilkan data berupa potensial korosi ( $E_{kor}$ ), densitas arus korosi ( $I_{kor}$ ), *slope* Tafel

katodik ( $\beta_k$ ) dan *slope* Tafel anodik ( $\beta_a$ ), kemudian data tersebut dihitung berdasarkan Persamaan 2.11 dan 2.12 sehingga diperoleh data laju korosi (mmpy) dan efisiensi inhibisi (%) kitosan larut air dari udang pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%.

### **3.2.9 Uji Ketebalan *Coating* Sn pada *Tinplate***

Uji ketebalan *coating* Sn pada *tinplate* dilakukan dengan mikroskop optik 100 OLYMPUS di Laboratorium Metalurgi, Departemen Material dan Metalurgi ITS. *Tinplate* berukuran 2x1,5 cm<sup>2</sup> diletakkan dalam pipa alumunium. Kemudian campuran resin:katalis dengan perbandingan 50:1 dituangkan didalam pipa alumunium. Campuran tersebut didiamkan hingga keras. Sampel tersebut diampas dengan kertas amplas grit 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000 lalu dipoles. Kemudian sampel tersebut diukur ketebalan *coating* Sn pada permukaan *tinplate* dengan mikroskop optik 100 OLYMPUS.

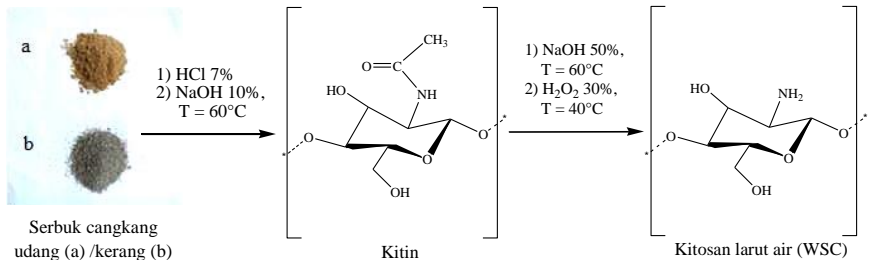
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Sintesis Kitosan Larut Air (WSC)

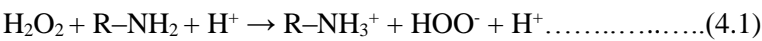
Sintesis kitosan larut air (*Water-Soluble Chitosan/WSC*) telah dilakukan dalam penelitian ini yang kemudian dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%. Sintesis WSC dilakukan berdasarkan prosedur penelitian Du dkk. (2009). Serbuk cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan kerang kampak (*Atrina pectinata*) diekstraksi menjadi kitin melalui proses demineralisasi dan deproteinisasi. Kemudian kitin disintesis menjadi kitosan kasar melalui proses deasetilasi, lalu kitosan kasar dipotong menjadi rantai yang lebih pendek menjadi WSC. WSC dari kerang kampak berupa serbuk padatan putih. WSC dari cangkang udang vaname berupa padatan berwarna putih kekuningan dan bersifat higroskopis. Reaksi sintesis WSC dari serbuk cangkang udang vaname dan kerang kampak disajikan pada Gambar 4.1



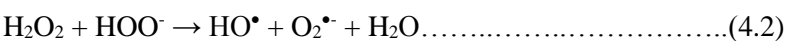
Gambar 4.1 Proses sintesis WSC (Du dkk., 2009)

Kitosan tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam asam asetat. Du dkk. (2009) melaporkan bahwa kitosan memiliki kelarutan yang rendah dalam media netral sehingga pemanfaatan kitosan menjadi terbatas. Oleh sebab itu, untuk memperluas

pemanfaatan kitosan dalam berbagai bidang, kitosan perlu didegradasi menjadi kitosan larut air (WSC) dengan berat molekul yang lebih rendah. Pada penelitian ini, proses demineralisasi dengan HCl 7% bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral (terutama  $\text{CaCO}_3$ ) pada cangkang udang dan kerang. Proses deproteinasi dengan NaOH 10% bertujuan untuk memisahkan kitin dari protein (Nugroho dkk., 2017). Kitin mengalami deasetilasi menjadi kitosan kasar dengan NaOH 50%. Kitosan kasar didegradasi menjadi kitosan larut air (WSC) dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) digunakan karena relatif murah dan ramah lingkungan. Mekanisme reaksi depolimerisasi kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat disajikan pada Persamaan 4.1



Anion hidroperoksida sangat tidak stabil dan mudah terdekomposisi menjadi hidroksil radikal seperti yang disajikan pada Persamaan 4.2



Gugus hidroksil radikal menyerang ikatan glikosidik pada kitosan dan memutus ikatan tersebut sehingga terbentuk kitosan larut air (Tian dkk., 2003).

Kelarutan kitosan dapat diketahui melalui nilai dari derajat deasetilasi (DD). Kumirska dkk. (2010) menyatakan bahwa kitosan komersial mempunyai derajat deasetilasi antara 2%-40%. Saleh dkk. (2017) telah melaporkan bahwa DD (%) WSC pada penelitian ini sebesar 58,20%, yang ditentukan dengan metode titrasi asam basa menggunakan HCl 0,1045 N sebagai penitar. Hal ini menunjukkan bahwa sebanyak 58,20% gugus amida pada kitin telah berubah menjadi amina primer.

Persentase kitin dan WSC dari cangkang udang dan kerang diperoleh berdasarkan Persamaan 3.1 dan 3.2. Data massa awal serbuk udang/kerang serta persentase kitin dan WSC



disajikan pada Tabel 4.1. Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4.1, diketahui bahwa persentase WSC dari cangkang udang vaname memiliki nilai lebih besar dari pada WSC dari cangkang kerang kampak. Hal ini karena cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*) mengandung kitin dengan jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan kitin pada cangkang udang vaname. Selain itu, cangkang kerang kampak mengandung protein sebesar 3-4%, abu sebesar 94,8% dan mineral dalam jumlah besar (Nugroho dkk., 2017).

Tabel 4.1 Data rata-rata persentase kitin dan WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak

	WSC udang vaname	WSC kerang kampak
Kitin (%)	39,04	18,68
WSC (%)	27,03	3,24

## 4.2 Hasil Karakterisasi FTIR Kitin dan WSC

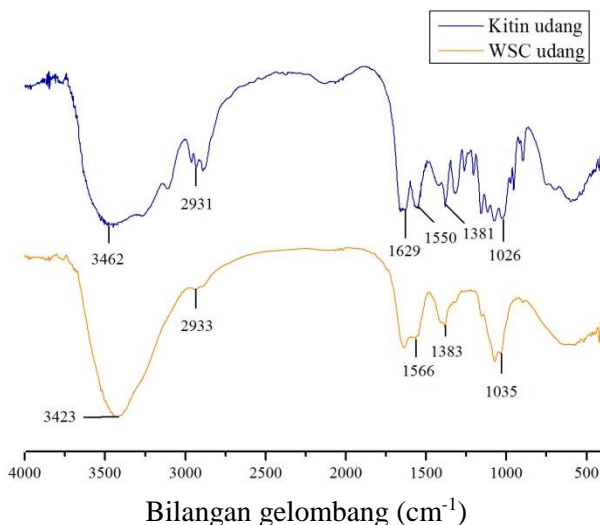
Kitin dan WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak yang dihasilkan pada penelitian kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR. Spektra FTIR yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan spektra FTIR dari literatur.

### 4.2.1 Hasil Karakterisasi FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname, diketahui bahwa kedua spektra FTIR memiliki serapan dengan pola yang hampir sama dengan literatur (Kumari dkk., 2015). Pada spektra kitin terdapat serapan puncak pada bilangan gelombang  $3462,34 \text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur O-H,  $2931,90 \text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan

oleh vibrasi C–H  $sp^3$ ,  $1629,90\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur C=O (amida),  $1550,82\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi tekuk –NH (amida) dan  $1381,08\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur C–N (amida),  $1026,16\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur –C–O–C.

Xia dkk. (2013) melaporkan bahwa antara spektra IR kitosan dan spektra IR WSC memiliki serapan puncak yang sama. Pada spektra WSC terdapat serapan puncak pada bilangan gelombang  $3423,76\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur O–H,  $2933,83\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi C–H,  $1566,25\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi tekuk N–H<sub>2</sub>,  $1383,01\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur C–NH<sub>2</sub>,  $1031,95\text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur –C–O–C. Perbandingan antara serapan puncak pada spektra IR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname pada penelitian ini dengan serapan puncak pada penelitian yang telah dilakukan oleh Kumari dkk. (2015) disajikan pada Tabel 4.2



Gambar 4.2 Spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname

Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 4.2 dan data pada Tabel 4.2, maka dapat disimpulkan bahwa WSC dapat disintesis dari limbah cangkang udang vaname.

Tabel 4.2 Perbandingan serapan puncak antara spektra FTIR sampel dengan literatur (Kumari dkk., 2015)

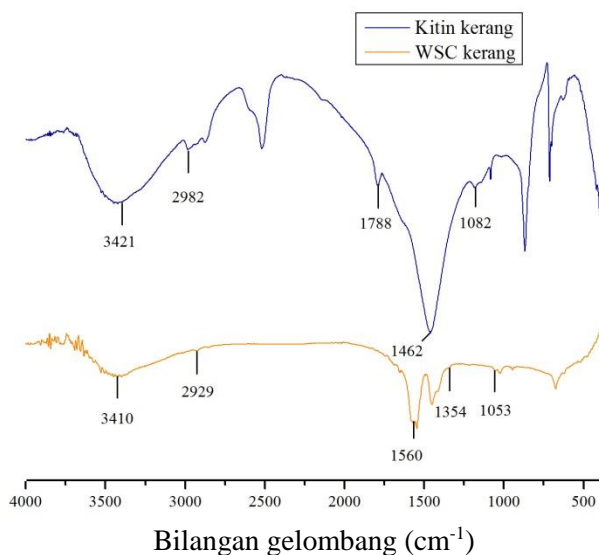
Gugus fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			
	Kitin		WSC	
	Literatur	Sampel	Literatur	Sampel
-OH	3448	3462	3447	3423
C-H	2927	2931	2918	2933
C=O amida	1648	1629	-	-
N-H primer	-	-	1597	1566
N-H amida	1545	1550	-	-
C-N amina primer	-	-	1383	1383
C-N amida	1455	1381	-	-
C-O-C	1028	1026	1082	1031

#### 4.2.2 Hasil Karakterisasi FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)

Spektra FTIR dari kitin dan WSC dari cangkang kerang kampak dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pada spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang kerang kampak, diketahui bahwa kedua spektra FTIR memiliki serapan puncak dengan pola yang hampir sama dengan literatur (Ramasamy dkk., 2014). Pada spektra kitin terdapat serapan puncak pada bilangan gelombang  $3421,83 \text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur O-H,  $2982,05 \text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi C-H  $\text{sp}^3$ ,  $1788,07 \text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur C=O (amida),  $1462,09 \text{ cm}^{-1}$  yang disebabkan

oleh vibrasi tekuk  $\text{-NH}$  (amida),  $1082,10$  yang disebabkan oleh vibrasi ulur  $\text{-C-O-C}$ .

Pada spektra WSC terdapat serapan puncak pada bilangan gelombang  $3410,26 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur  $\text{O-H}$ , serapan pada bilangan gelombang  $2929,97 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi  $\text{C-H}$ , serapan pada bilangan gelombang  $1560,46 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi tekuk  $\text{N-H}_2$ , serapan pada bilangan gelombang  $1354,07 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur  $\text{C-NH}_2$ , serapan pada bilangan gelombang  $1053,17 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur  $\text{-C-O-C}$ . Perbandingan antara serapan puncak pada spektra kitin dan WSC dari cangkang kerang kampak pada penelitian ini dengan serapan puncak pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ramasamy dkk. (2014) disajikan pada Tabel 4.3



Gambar 4.3 Spektra FTIR kitin dan WSC dari cangkang udang vaname

Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 4.3 dan data pada Tabel 4.3, maka dapat disimpulkan bahwa WSC dapat disintesis dari limbah cangkang kerang kampak.

Tabel 4.3 Perbandingan serapan puncak antara spektra FTIR sampel dengan literatur (Ramasamy dkk., 2014)

Gugus fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )			
	Kitin		Kitosan	
	Literatur	Sampel	Literatur	Sampel
-OH	3431	3421	3429	3410
C-H	2925	2982	2923	2929
C=O amida	1788	1788	-	-
N-Hprimer	-	-	1631	1560
N-H amida	1423	1462	-	-
C-N amina primer	-	-	1309	1354
C-O-C	1080	1082	1074	1053

### 4.3 Efisiensi Inhibisi Kitosan Larut Air

WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak yang dihasilkan dari penelitian ini kemudian diuji inhibisi terhadap korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%. Uji inhibisi dilakukan dengan dua metode, yakni metode pengurangan berat (*weightloss*) dan metode polarisasi potensiodinamik.

#### 4.3.1 Uji Pengurangan Berat (*Weightloss*)

Pengujian inhibisi dengan metode pengurangan berat (*weightloss*) dilakukan untuk menentukan laju korosi (LK), cakupan permukaan ( $\theta$ ) serta efisiensi inhibisi (EI) WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak pada variasi konsentrasi 10-1500 mg/L dalam larutan NaCl 2%. Data yang diperoleh dari pengujian inhibisi dengan metode pengurangan

berat berupa berat *tinplate* sebelum dan berat sesudah direndam dalam larutan NaCl 2% tanpa dan dengan adanya penambahan WSC dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Data hasil uji inhibisi WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak dengan metode pengurangan berat masing-masing disajikan pada Tabel 4.4 dan 4.5. Kurva antara konsentrasi WSC (mg/L) dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak terhadap EI (%) disajikan pada Gambar 4.4

Tabel 4.4 Data rata-rata parameter korosi dan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan metode pengurangan berat (*weightloss*)

WSC udang				
Konsentrasi Inhibitor (mg/L)	(W-W') (g)	LK ( $10^{-10}$ mmpy)	$\theta$	EI (%)
0	0,0011	2,09		
10	0,0010	1,90	0,09	9,09
250	0,0009	1,71	0,18	18,18
500	0,0008	1,52	0,27	27,27
750	0,0007	1,33	0,36	36,36
1000	0,0005	0,95	0,55	54,55
1300	0,0003	0,57	0,73	72,73
1500	0,0006	1,14	0,45	45,45

W adalah berat spesimen sebelum direndam pada media korosif, W' adalah berat spesimen sesudah direndam pada media korosif,  $\theta$  adalah cakupan permukaan, LK adalah laju korosi dan EI adalah efisiensi inhibisi.

Berdasarkan Gambar 4.4 serta data pada Tabel 4.4 dan 4.5 diketahui bahwa inhibisi WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% memiliki

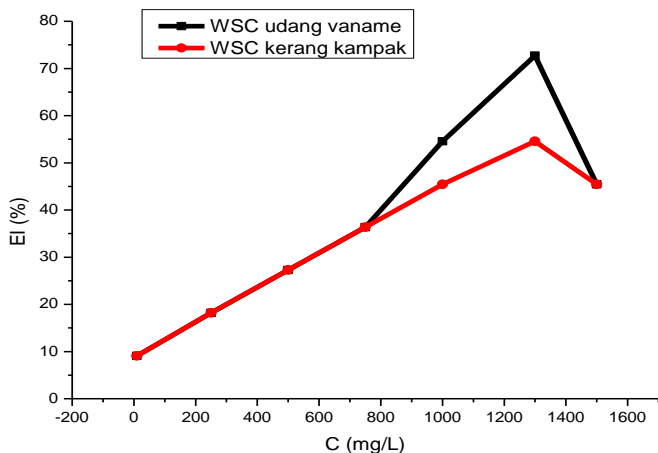
pola yang sama. Efisiensi inhibisi maksimum sebesar 72,73% untuk WSC dari cangkang udang vaname dan sebesar 54,55% untuk WSC dari cangkang kerang kampak dengan konsentrasi WSC sebesar 1300 mg/L. Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi inhibisi WSC meningkat terhadap konsentrasi dan mencapai maksimum pada konsentrasi 1300 mg/L. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan WSC sebesar 10-1300 mg/L dapat memblokir tempat terjadinya reaksi korosi sehingga menghambat proses pelarutan logam (Bhawsar dkk., 2015). Pada penambahan WSC sebesar 1500 mg/L terjadi difusi inhibitor ke larutan sehingga efisiensi inhibisi mengalami penurunan

Tabel 4.5 Data rata-rata parameter korosi dan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*) pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan metode pengurangan berat (*weightloss*)

WSC kerang				
Konsentrasi Inhibitor (mg/L)	(W-W') (g)	LK ( $10^{-10}$ mm <sup>2</sup> py)	$\theta$	EI (%)
0	0,0011	2,09		
10	0,0010	1,90	0,09	9,09
250	0,0009	1,71	0,18	18,18
500	0,0008	1,52	0,27	27,27
750	0,0007	1,33	0,36	36,36
1000	0,0006	1,14	0,45	45,45
1300	0,0005	0,95	0,55	54,55
1500	0,0006	1,14	0,45	45,45

W adalah berat spesimen sebelum direndam pada media korosif, W' adalah berat spesimen sesudah direndam pada media korosif,  $\theta$  adalah cakupan permukaan, LK adalah laju korosi dan EI adalah efisiensi inhibisi.

Efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak memiliki nilai efisiensi inhibisi yang berbeda. WSC dari cangkang udang vaname lebih efisien digunakan sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dibandingkan dengan WSC dari cangkang kerang kampak. Pursetyo dkk. (2017) telah melaporkan bahwa kitosan dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*) memiliki kandungan abu rata-rata sebesar 83,95-85,37% dan kandungan mineral yang tinggi meskipun sudah melalui tahap demineralisasi dan deproteinasi pada proses ekstraksi kitin. Tingginya kadar abu dalam kitosan dipengaruhi oleh tingginya kadar mineral (Ca, Mg, Sr) dalam cangkang kerang kampak. Ion Ca, Mg dan Sr yang terdapat dalam cangkang kerang dapat membentuk ikatan kompleks dengan gugus amino pada kitosan sehingga kitosan menjadi tidak efisien dalam menghambat laju korosi.

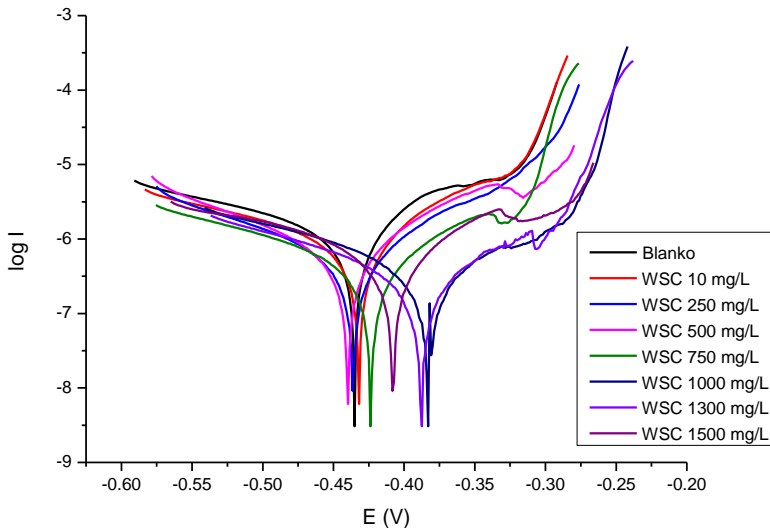


Gambar 4.4 Kurva konsentrasi WSC (mg/L) udang dan kerang terhadap EI (%)



### 4.3.2 Uji Polarisasi Potensiodinamik

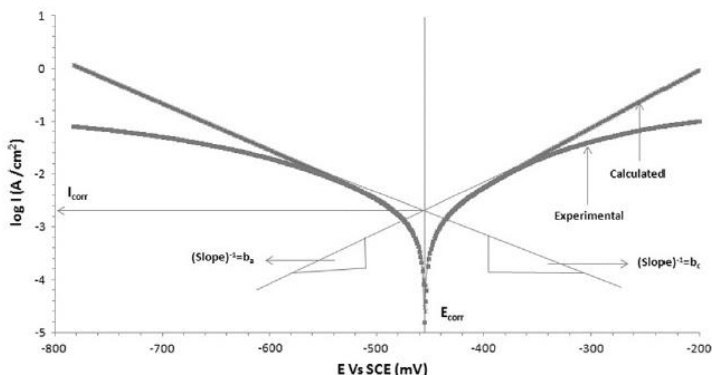
Pengujian inhibisi dengan metode polarisasi potensiodinamik dilakukan untuk menentukan efisiensi inhibisi (EI) dan tipe inhibisi WSC dari cangkang udang vaname pada variasi konsentrasi 10-1500 mg/L dalam larutan NaCl 2%. Selain itu, uji inhibisi WSC dari cangkang udang dengan metode polarisasi potensiodinamik dilakukan untuk memperkuat data pada metode pengurangan berat (*weightloss*). Data yang diperoleh dari pengujian polarisasi potensiodinamik berupa plot Tafel yang disajikan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Plot Tafel *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan WSC dari cangkang udang vaname

Plot Tafel pada Gambar 4.5 kemudian diekstrapolasi sehingga diperoleh data parameter korosi yaitu  $I_{kor}$  dan  $E_{kor}$  yang disajikan pada Tabel 4.6. Raja dkk. (2013) melaporkan bahwa metode ekstrapolasi plot Tafel pada kasus ekstrim dimana antara

plot anodik dengan katodik memiliki linearitas yang tidak sama yang disebabkan karena reaksi anodik dan katodik terjadi secara serentak pada  $E_{kor}$ , dapat ditentukan dengan menarik garis lurus dari kelengkungan plot anodik maupun katodik. Metode ekstrapolasi Tafel ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Metode ekstrapolasi pada plot Tafel (Raja dkk., 2013).

Kurva konsentrasi WSC dari cangkang udang terhadap EI (%) berdasarkan uji inhibisi dengan metode *weightloss* dan metode polarisasi potensiodinamik disajikan pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang berdasarkan metode *weightloss* memiliki pola yang sama dengan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang berdasarkan metode polarisasi potensiodinamik. Adanya kenaikan konsentrasi WSC menyebabkan penurunan nilai  $I_{kor}$  secara signifikan. Hal ini disebabkan karena molekul WSC teradsorb pada permukaan *tinplate* dalam larutan NaCl 2% membentuk lapisan protektif sehingga menghambat terjadinya reaksi elektrokimia pada permukaan logam (Anshari dan Quraishi, 2014). Efisiensi inhibisi maksimum sebesar 91,41% dengan penambahan WSC dari cangkang udang sebesar 1300 mg/L. Pada penambahan WSC sebesar 1500 mg/L, nilai  $I_{kor}$  mengalami

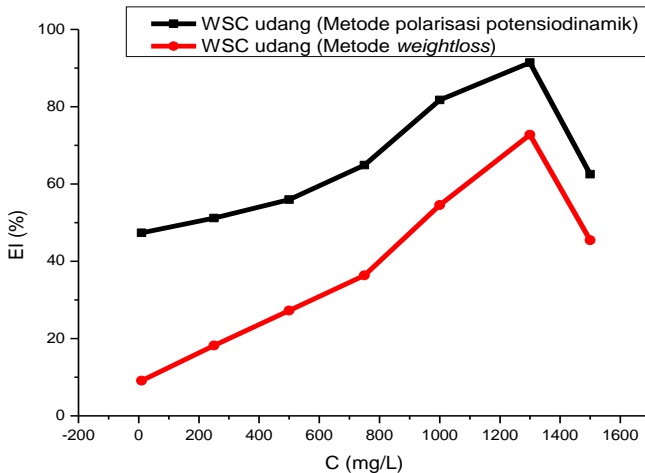
peningkatan. Hal ini dikarenakan lapisan protektif yang terbentuk pada permukaan logam mengalami desorpsi dan terdifusi ke larutan.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.6, diketahui bahwa perubahan nilai  $E_{kor}$  dengan penambahan WSC sebesar 10-1500 mg/L kurang dari 85 mV dari nilai  $E_{kor}$  blanko. Perubahan nilai  $E_{kor}$  dengan penambahan WSC berubah terhadap nilai  $E_{kor}$  tanpa penambahan WSC (blanko) sebesar 1,04-46,49 mV. Hal ini menunjukkan bahwa tipe inhibisi WSC pada permukaan *tinplate* dalam larutan NaCl 2% yaitu tipe campuran anodik dan katodik (Anejjar dkk., 2014). Reaksi anodik berhubungan dengan proses pelarutan logam dalam larutan NaCl 2% pada daerah anodik, sedangkan reaksi katodik berhubungan dengan proses pembentukan gas  $H_2$  pada daerah katodik.

Tabel 4.6 Data rata-rata parameter korosi dan efisiensi inhibisi WSC dari cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan metode polarisasi potensiodinamik

WSC (mg/L)	$E_{kor}$ (mV)	$\beta_a$	$\beta_k$	$I_{kor}$ ( $\mu A$ /cm <sup>2</sup> )	LK (mmpy)	EI (%)
0	-434,23	389,59	99,07	1,74975	1,86	
10	-432,81	179,39	82,66	0,92066	0,98	47,38
250	-437,11	250,53	116,55	0,85460	0,91	51,16
500	-435,47	159,92	163,65	0,74845	0,79	57,23
750	-415,56	274,61	122,45	0,61461	0,65	64,87
1000	-389,99	121,54	78,07	0,33672	0,36	80,76
1300	-387,74	79,42	53,29	0,15030	0,16	91,41
1500	-421,53	193,87	141,73	0,65521	0,83	55,18

$E_{kor}$  adalah potensial korosi,  $\beta_k$  adalah *slope* Tafel katodik,  $\beta_a$  adalah *slope* Tafel anodik,  $I_{kor}$  adalah densitas arus korosi, LK adalah laju korosi dan EI adalah efisiensi inhibisi.



Gambar 4.7 Kurva konsentrasi WSC udang (mg/L) terhadap EI (%)

#### 4.4 Isotermal Adsorpsi dan Studi Termodinamika Korosi

Mekanisme inhibisi korosi oleh WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak dapat dipelajari dengan mengetahui model isotermal adsorpsi WSC pada permukaan *tinplate*. Terdapat beberapa jenis persamaan isotermal adsorpsi yang sering ditemukan sebagai pola adsorpsi suatu inhibitor korosi, yakni isotermal adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin, Frumkin dan Flory-Huggins. Penentuan model isotermal adsorpsi dilakukan dengan plot kurva linear sesuai dengan persamaan-persamaan isotermal adsorpsi tersebut (Sangeetha dkk., 2016). Nilai regresi yang dihasilkan berdasarkan beberapa persamaan isotermal adsorpsi disajikan pada Tabel 4.7

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa adsorpsi WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak mengikuti isotermal adsorpsi yang sama, yakni isotermal adsorpsi

Freundlich dengan koefisien regresi sebesar 0,855 (WSC udang) dan 0,912 (WSC kerang). Model isothermal adsorpsi Freundlich menunjukkan adanya interaksi antara molekul WSC dan *tinplate* serta interaksi antara molekul WSC dengan larutan. Hal ini menyebabkan nilai efisiensi inhibisi WSC pada *tinplate* mengalami penurunan setelah konsentrasi maksimum.

Tabel 4.7 Perbandingan nilai regresi beberapa model isothermal adsorpsi WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak pada permukaan *tinplate* berdasarkan uji inhibisi dengan metode *weightloss*

Sampel	Langmuir	Freundlich	Temkin	Frumkin	Flory-Huggins
WSC Udang	0,530	0,855	0,607	0,058	0,248
WSC Kerang	0,791	0,912	0,734	0,401	0,500

Persamaan isothermal adsorpsi Freundlich disajikan pada Persamaan 4.3

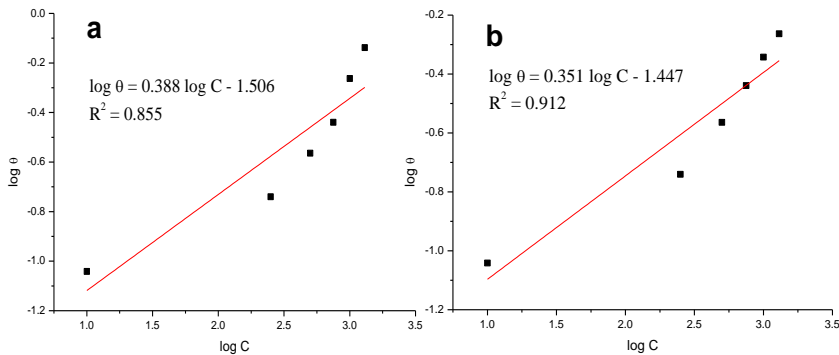
$$\log \theta = \log K_{\text{ads}} + n \log C \dots \dots \dots (4.3)$$

Dimana  $\log \theta$  sebagai sumbu y dan  $\log C$  sebagai sumbu x. Kurva isothermal adsorpsi WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak disajikan pada Gambar 4.8

Nilai  $k_{\text{ads}}$  pada Persamaan 4.3 merupakan konstanta adsorpsi-desorpsi yang diperoleh dari nilai intersep persamaan linear yang diperoleh dari plot kurva isothermal adsorpsi Freundlich. Nilai  $k_{\text{ads}}$  tersebut digunakan untuk menentukan nilai energi bebas Gibbs adsorpsi ( $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ ) berdasarkan Persamaan 4.4

$$k_{\text{ads}} = \frac{1}{1000} \exp \left[ \frac{-\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}}{RT} \right] \dots \dots \dots (4.4)$$

Dimana R adalah konstanta gas, T adalah temperatur absolut dan nilai 1000 adalah konsentrasi air dalam satuan g/L. Data parameter termodinamika disajikan pada Tabel 4.8



Gambar 4.8 Kurva isothermal adsorpsi Freundlich a) WSC udang vaname, b) WSC kerang kampak

Tabel 4.8 Data parameter termodinamika untuk WSC pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%

Sampel	R <sup>2</sup>	intersep	k <sub>ads</sub>	ΔG° <sub>ads</sub> (kJ/mol)
WSC udang vaname	0,855	-1,506	0,0312	-8,523
WSC kerang kampak	0,912	-1,447	0,0357	-8,858

Berdasarkan data pada Tabel 4.8, dapat diketahui bahwa ΔG°<sub>ads</sub> bernilai negatif. Yaro dkk. (2013) telah melaporkan bahwa nilai negatif pada ΔG°<sub>ads</sub> menunjukkan bahwa proses adsorpsi inhibitor berjalan secara spontan. Umumnya, nilai ΔG°<sub>ads</sub> yang lebih positif dari -20 kJ/mol menunjukkan bahwa adsorpsi molekul inhibitor WSC pada permukaan *tinplate* adalah adsorpsi fisik (fisisorpsi).

#### 4.5 Pengaruh Ketebalan *Coating* Sn pada Permukaan *Tinplate* Terhadap Laju Korosi

Pengukuran ketebalan *coating* Sn pada *tinplate* bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan *coating* Sn terhadap laju korosi *tinplate*. Data hasil pengukuran ketebalan *coating* Sn pada beberapa potong spesimen *tinplate* dari pelat yang sama disajikan pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Data rata-rata ketebalan *coating* Sn pada *tinplate*

Sampel	<i>Tinplate</i> 1	<i>Tinplate</i> 2	<i>Tinplate</i> 3	<i>Tinplate</i> 4	<i>Tinplate</i> 5
Rata-rata ketebalan <i>coating</i> ( $\mu\text{m}$ )	34,91	23,90	53,59	47,04	54,72

Pelapisan timah (Sn) pada kedua sisi permukaan baja lunak pada *tinplate* dilakukan dengan cara *hot dipping*, yaitu dengan mencelupkan baja karbon ke dalam cairan timah murni panas. Selain itu, pelapisan timah dapat dilakukan dengan elektrodposisi. Berdasarkan proses pelapisan Sn tersebut dapat dimungkinkan bahwa lapisan Sn yang terbentuk memiliki ketebalan yang tidak sama. Perbedaan ketebalan Sn pada *tinplate* dapat menyebabkan adanya perbedaan ketebalan lapisan alloy pelindung  $\text{FeSn}_2$  yang terbentuk. Lapisan  $\text{FeSn}_2$  yang terbentuk pada permukaan *tinplate* berfungsi untuk melindungi baja dari korosi (Martins, 2012). Apabila lapisan  $\text{FeSn}_2$  semakin tipis maka kemungkinan terjadinya korosi pada *tinplate* menjadi semakin tinggi. Semakin tipis lapisan Sn maka pengaruh perbedaan potensial antara Sn dengan baja karbon menjadi semakin besar. Ketebalan *coating* Sn yang berbeda-beda menyebabkan adsorpsi molekul WSC pada permukaan *tinplate*

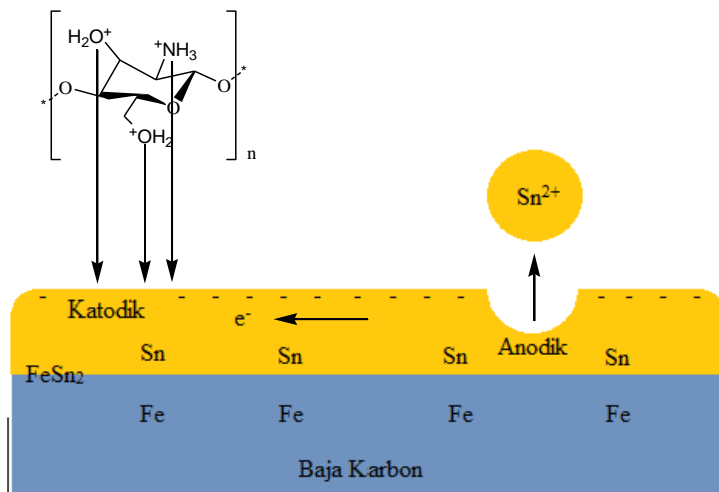
terjadi secara acak, sehingga tidak dapat diketahui secara pasti tipe adsorpsi tersebut.

Berdasarkan data pada Tabel 4.9 dapat diketahui bahwa ketebalan *coating* Sn pada *tinplate* memiliki nilai yang berbeda-beda (antara rentang 23,90-54,72  $\mu\text{m}$ ). Hal ini menyebabkan laju korosi *tinplate* dalam larutan NaCl 2% hasil pengukuran metode polarisasi memiliki nilai yang berbeda-beda meskipun dilakukan pada kondisi yang sama (replikasi).

#### **4.6 Mekanisme Inhibisi WSC Terhadap Korosi pada Permukaan *Tinplate* dalam Larutan NaCl 2%**

Berdasarkan pengujian korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan variasi konsentrasi WSC 10-1500 mg/L dari cangkang udang dan kerang dapat diperkirakan mekanisme inhibisi WSC terhadap korosi pada *tinplate*. Lapisan Sn pada *tinplate* berinteraksi dengan media berair (dalam hal ini yaitu larutan NaCl 2%) menghasilkan  $\text{Sn}^{2+}$  serta  $\text{H}^+$ . reaksi oksidasi Sn menjadi  $\text{Sn}^{2+}$  menyebabkan elektron-elektron berkumpul pada bagian antar muka antara *tinplate* dan larutan NaCl 2% sehingga permukaan *tinplate* cenderung bermuatan negatif. Ion  $\text{H}^+$  dalam larutan menyebabkan terjadinya protonasi gugus hidroksil dan gugus amina pada molekul inhibitor WSC. Molekul WSC yang sudah terprotonasi kemudian berkompetisi dengan ion  $\text{H}^+$  menuju daerah katodik pada permukaan *tinplate* sehingga dapat menghambat reaksi pembentukan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Selain itu, pasangan elektron bebas pada gugus hidroksil dan gugus amina berkompetisi dengan ion  $\text{Cl}^-$  pada larutan untuk berikatan dengan  $\text{Sn}^{2+}$  sehingga dapat menghambat reaksi pembentukan  $\text{SnCl}_2$ . Adanya  $\text{SnCl}_2$  pada larutan dapat bereaksi dengan molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) menghasilkan ion  $\text{H}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  yang dapat mempercepat proses korosi. Perkiraan mekanisme interaksi antara kitosan dengan *tinplate* disajikan pada Gambar 4.9





Gambar 4.9 Perkiraan mekanisme adsorpsi molekul WSC pada permukaan *tinplate*

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kitosan larut air (*Water-Soluble Chitosan/WSC*) dari cangkang udang vaname dan kerang kampak merupakan inhibitor ramah lingkungan yang baik dan cukup efisien untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2%. Evaluasi kinerja WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak memiliki pola yang sama. WSC dapat menghambat korosi pada *tinplate* dengan nilai efisiensi inhibisi yang semakin meningkat terhadap konsentrasi dan mencapai efisiensi maksimum pada konsentrasi 1300 mg/L dan mengalami penurunan pada konsentrasi 1500 mg/L. Efisiensi inhibisi maksimum WSC dari cangkang udang vaname pada larutan NaCl 2% diperoleh sebesar 72,73% (metode pengurangan berat) dan sebesar 91,41% (metode polarisasi potensiostatik), sedangkan untuk WSC dari cangkang kerang kampak diperoleh sebesar 54,55% (metode pengurangan berat). Interpretasi hasil pengukuran dengan polarisasi potensiostatik menunjukkan bahwa WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak merupakan inhibitor tipe campuran. Isotermal adsorpsi WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak pada permukaan *tinplate* mengikuti model isotermal adsorpsi Freundlich.

#### 5.2 Saran

Penelitian kinerja WSC dari cangkang kerang kampak sebagai inhibitor korosi untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% perlu dilakukan pengujian dengan metode polarisasi potensiostatik. Hasil penelitian lanjutan dapat memperkuat dan memperjelas mekanisme inhibisi korosi WSC dari cangkang kerang kampak pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Addi, E.A., Zaanoun, I., Addi, A.A., Fouad, A., Bazzi, L., Outzoughit, A., (2013), "Corrosion Behavior of Tinplate in Synthetic Industrial Water", *Int. J. Electrochem Sci.*, 8, 7842-7852.
- Aghzzaf, A.A., Rhouta, B., Steinmetz, J., Rocca, E., Aranda, L., Khalil, A., Yvon, J., Daoudi, L., (2012), "Corrosion Inhibitors Based on Chitosan-heptanoate Modified Beidellite", *Applied Clay Science*, 65-66, 173-178.
- An, H.S., Lee, J.W., Dong, C.M., (2012), "Population Genetic Structure of Korean Pen Shell (*Atrina pectinata*) in Korea Inferred from Microsatellite Marker Analysis", *Genes and Genomics*, 34, 681-688.
- Anejjar, A., Salghi, R., Zarrouk, A., Benali, O., Zarrok, H., hammouti, B., Ebenso, E.E., (2014), "Inhibition of Carbon Steel Corrosion in 1 M HCl Medium by Potassium Thiocyanate", *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 15, 22-27.
- Anshari, K.R., Quraishi, M.A., (2014), "Effect of Three Component (Aniline-formaldehyde and Piperazine) Polymer on Mild Steel Corrosion in Hydrochloric Acid Medium", *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 18, 12-18.
- Arancibia, M.Y., Aleman, A., Calvo, M.M., Lopez-Caballero, M.E., Montero, P., Gomez-Guillen, M.C., (2014), "Antimicrobial and Antioxidant Chitosan Solutions Enriched with Active Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Waste Materials", *Food Hydrocolloids*, 35, 710-717.

- Arenas, M.A., Conde, A., de Damborenea, J.J., (2002), “Cerium : A Suitable Green Corrosion Inhibitor for Tinplate”, *Corrosion Science*, 44, 511-520.
- Balaji, J., Sethuraman, M.G., (2017), “Chitosan-doped-hybrid/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite Based Sol-gel Coating for the Corrosion Resistance of Aluminum Metal in 3,5% NaCl Medium”, *International Journal of Biological Macromolecules*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.115>
- Bhawsar, J., Jain, P.K., Jain, P., (2015), “Experimental and Computational Studies of *Nicotiana tabacum* Leaves Extract as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Medium”, *Alexandria Engineering Journal*, 54, 769-775.
- Cahu, T.B., Santos, S.D., Mendes, A., Cordula, C.R., Chavante, S.F., Carvalho Jr., L.B., Nader, H.B., Bezerra, R.S., (2012), “Recovery of Protein, Chitin, Carotenoids and Glycosaminoglycans from Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Processing Waste”, *Process Biochemistry*, 47, 570-577.
- Catala, R., Cabanes, J.M., Bastidas, J.M., (1998), “An Impedance Study on the Corrosion Properties of Lacquered Tinplate Cans in Contact with Tuna and Mussels in Pickled Sauce”, *Corrosion Science*, 40, 1455-1467.
- Chantararataporn, P., Yoksan, R., Visessanguan, W., Chirachanchai, S., (2013), “Water-based Nano-sized Chitin and Chitosan as Seafood Additive through a Case Study of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)”, *Food Hydrocolloids*, 32, 341-348.

- Du, Y., Zhao, Y., Dai, S., Yang, B., (2009), "Preparation of water-Soluble Chitosan from Shrimp Shell and Its Antibacterial Activity", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 103-107
- El-Fattah, M.A., El Saeed, A.M., Azzam, A.M., Abdul-Raheim, A.M., Hefni, h.H.H., (2016), "Improvement of Corrosion Resistance, Antimicrobial Activity, Mechanical and Chemical Properties of Epoxy Coating by Loading Chitosan as a Natural Renewable Resource", *Progress in Organic Coatings*, 101, 288-296.
- El-Haddad, Mahmoud, (2013), "Chitosan as a Green Inhibitor for Copper Corrosion in Acidic Medium", *International Journal of Biological Macromolecules*, 55, 142-149.
- El-Lateef, H. M., Abd-El-Sayed, A., Mohran, H.S.,(2015), "Role of Ni content in improvement of corrosion resistance of Zn-Ni alloy in 3.5% NaCl solution. Part I: Polarization and impedance studies", *Transactions Nonferrous Metals Society of China*, 25, 2807-2816.
- Fayyad, E.M., Sadasivuni, K.K., Ponnammam, D., Al-Maadeed, M.A., (2016), "Oleic Acid-Grafted Chitosan/graphene Oxide Composite Coating for Corrosion Protection of Carbon Steel", *Carbohydrate Polymers*, 151, 871-878.
- Firdausi, S., Harmami, (2014), "Optimasi Waktu dan Potensial dalam Pelapisan Kitosan pada Tin plate secara Elektroforesis", *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 No. 1, 1-5.
- Fontana, M.G., (1987), "Corrosion Engineering", McGraw-Hill Book Comp : New York.
- Ghorbel-Bellaaj, O., Hajji, S., Younes, I., Chaabouni, M., Nasri, M., Jellouli, K.,(2013), "Optimization of Chitin

Extraction from Shrimp Waste with *Bacillus pumilus* A1 Using Response Surface Methodology”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 243-250.

Grassino, A.N., Halambek, J., Djakovic, S., Brncic, S.R., Dent, M., Grabaric, Z.,(2016),“Utilization of Tomato Peel Waste from Canning Factory as a Potential Source for Pectin Production and Application as Tin Corrosion Inhibitor”, *Food Hydrocolloids*, 52, 265-274.

Hamdani, N.E., Fdil, R., Tourabi, M., Jama, C., Bantiss, F., (2015), ”Alkaloids Extract of *Retama monosperma* (L.) Boiss. Seeds Used as Novel Eco-Friendly Inhibitor for Carbon Steel Corrosion in 1 M HCl Solution : Electrochemical and Surface Studies”, *Applied Surface Science*, 357, 1294-1305.

Huang, X., Lang, F., Ma, Y., Chen, Y., Zhang, Z., Zhang, J., (2014), “Effects of Reflowing Temperature and Time on Alloy Layer of Tinplate and Its Electrochemical Behavior in 3.5% NaCl Solution”, *Trans. Nonrefferous Met. Soc. China*, 24, 1978-1988.

Hussin, M.H., Kassim, M.J., (2011), “The Corrosion Inhibition and Adsorption Behavior of *Uncaria gambir* Extract on Mild Steel in 1 M HCl”, *Material Chemistry Physics*, 125, 461-468.

Jones, D.A., (1992a),“Principles and Prevention of Corrosion. 2nd ed”, New York: Macmillan Publishing Company.

\_\_\_\_\_, (1996b),“Principles and Prevention of Corrosion. 3rd ed”, New York: Macmillan Publishing Company.

Khadraoui, A., Khelifa, A., Hachama, K., Mehdaoui, R., (2016), “*Thymus algeriensis* Extract as a New Eco-Friendly



Corrosion Inhibitor for 2024 Aluminium Alloy in 1 M HCl Medium”, *Journal of Molecular Liquids*, 214, 293-297.

Kumari, S., Rath, P., Kumar, A.S.H., Tiwari, T.N., (2015), “Extraction and Characterization of Chitin and Chitosan from Fishery Waste by Chemical Method”, *Environmental Technology & Innovation*, 3, 77-85.

Kumirska, J., Czerwicka, M., Kaczynski, Z., Bychowska, A., Brzozowski, K., Thoming, J., Stepnowski, P., (2010), “Application of Spectroscopic Methods for Structural Analysis of Chitin and Chitosan”, *Marine Drugs*, 8, 1567-1636.

Lin, Y., Chen, J., (2003), “Acute Toxicity of Nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) Juveniles at Different Salinity Levels”, *Aquaculture*, 224, 193-201.

Liu, J., Li, Q., Kong, L., (2009), “Isolation and Characterization of 13 Microsatellite Loci in the Pen Shell *Atrina pectinata* (Bivalva : Pinnidae)”, *Conserv. Genet.*, 10, 1369-1371.

Maeno, Y., Yurimoto, T., Nasu, H., Ito, S., Aishima, N., Matsuyama, T., Kamaishi, T., Oseko, N., Watanabe, Y., (2006), “Virus-like Particles Associated with Mass Mortalities of The Pen Shell *Atrina pectinata* in Japan”, *Dis. Aquat. Org.*, 71, 169-173.

Martins, J.I., (2012), “Corrosion Problems in Tinplate Cans for Storing Contact Glues for Shoes”, *Engineering Failure Analysis*, 26, 258-265.

Mourya, P., Banerjee, S., Singh, M.M., (2014), “Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Solution by *Tagetes*

*erecta* (Marigold Flower) Extract as a Green Inhibitor”, *Corrosion Science*, 85, 352-363.

M’hiri, N., Veys-Renaux, D., Rocca, E., Ioannou, I., Boudhrioua, N. M., Ghoul, M. (2015). Corrosion Inhibition of Carbon Steel in Acidic Medium by Orange Peel Extract and its Main Antioxidant Compounds, *Corrosion Science*, 102, 55-62.

Nugroho, Adhi, (2011), “Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Carbon di Lingkungan NaCl 3,5 % ”, *Skripsi*, Fakultas Teknik Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia : Depok.

Nugroho, I.L., Pursetyo, K.T., Masithah, E.D., (2017), “The Influence of HCl Concentration and Demineralization Temperature of *Atrina pectinata* Shells on Quality of Chitin”, *AIP Conference Proceedings* 1813 <http://dx.doi.org/10.1063/1.4975959>

Pursetyo, K.T., Purbowati, P., Sulmartiwi, L., (2017), “Degree of Deacetylation Chitosan from Pen Shell (*Atrina pectinata*) with Multistage Deacetylation Process”, *AIP Conference Proceedings* 1813 <http://dx.doi.org/10.1063/1.4975957>

Raja, B.R., Qureshi, A.K., Rahim, A.A., Osman, H., Awang, K., (2013), “ *Neolamarckia cadamba* Alkaloids as Eco-Friendly Corrosion Inhibitors for Mild Steel in 1 M HCl Media”, *Corrosion Science*, 69, 292-301.

Ramasamy, P., Subhadrappa, N., Shanmugam, V., Shanmugam, A., (2014), “Extraction, Characterization and Antioxidant Property of Chitosan from Cuttlebone *Sepia*

- kobiensis*(Hoyle 1885)”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 64, 202-212.
- Riszki, T.I., Harmami, (2015), “Pengaruh Suhu terhadap Kualitas *Coating* (Pelapisan) *Stainless Steel* Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis”, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4 No. 1, 2337-3250.
- Ruhi, G., Modi, O.P., Dhawan, S.K., (2015), “Chitosan-poly pyrrole-SiO<sub>2</sub> Composite Coatings with Advanced Anticorrosive Properties”, *Synthetic Metals*, 200, 24-39.
- Saleh, C.W., Harmami, Ulfin, I., (2017), “Pengendalian Korosi Menggunakan Inhibitor Kitosan Larut Air untuk Baja Lunak dalam Media HCl 1M”, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6 No. 1, 2337-3250.
- Sangeetha, Y., Meenakshi, S., Sundaram, C. S., (2016), "Interactions at the mild steel acid solution interface in the presence of O-fumaryl-chitosan: Electrochemical and surface studies", *Carbohydrate Polymers*, 136, 38–45.
- Shabani-Nooshabadi, M. dan Ghandchi, M.S., (2015), “*Santolina chamaecyparissus* extract as a natural source inhibitor for 304 stainless steel corrosion in 3.5% NaCl., *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 31, 231–237.
- Shreir, L.L. dan Jarman, R.A., (1993), “Corrosion Control”, New York: John Wiley and Sons Inc.
- Siripatrawan, Ubonrat, (2016), “ Active Food Packaging from Chitosan Incorporated with Plant Polyphenols”, Thailand : Chulalongkorn University.
- Stuart, B., (2004), “Infrared Spectroscopy : Fundamentals and Applications”, New York : John Wiley & Sons. Ltd.

- Sutrisno, (2013), “Kajian *Tinning (Sn-Plating)* dalam Dunia Industri”, Teknik Mesin Politeknik : Surakarta, 3 No. 1.
- Tian, F., Liu, Y., Hu, K., Zhao, B., (2003), “The Depolymerization Mechanism of Chitosan by Hydrogen Peroxide”, *Journal of Materials Science*, 38, 4709-4712.
- Trethewey, K.R dan Chamberlain, J., (1991), “Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan”, PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Verma, C., Ebenso, E.E., Quraishi, M.A., (2017), “Ionic Liquids as Green and Sustainable Corrosion Inhibitors for Metals and Alloys : An Overview”, *Journal of Molecular Liquids*, 233, 403-414.
- Wardani, L.A., Harmami, (2014), “Optimasi Pelapisan SS 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis”, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 No. 1, 1-4.
- Xia, D., Song, S., Wang, J., Bi, H., Jiang, Y., Han, Z., (2012), “Corrosion Behavior of Tinsplate in NaCl Solution”, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 22, 717-724.
- Xia, Z., Wu, S., Chen, J., (2013), “Preparation of Water Soluble Chitosan by Hydrolysis Using Hydrogen Peroxide”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 59, 242-245.
- Yadav, M., Sinha, R.R., Sarkar, T.K., Bahadur, I., Ebenso, E.E., (2015), “Application of New Isonicotinamides as a Corrosion Inhibitor on Mild Steel in Acidic Medium : Electrochemical, SEM, EDX, AFM and DFT Investigations”, *Journal of Molecular Liquids*, 212, 686-698.

Yaro, A.S., Khadom, A.A., Wael, R.K.,(2013),“Apricot Juice as Green Corrosion Inhibitor of Mild Steel in Phosphoric Acid”, *Alexandria Engineering Journal*, 52, 129-135.

Zakaria, Z.A., Harmami, Ulfen, I., (2016), “Efisiensi Inhibisi *L-citrulline* pada Korosi Tinplate dalam Media NaCl”, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5 No. 1, 2337-3520.

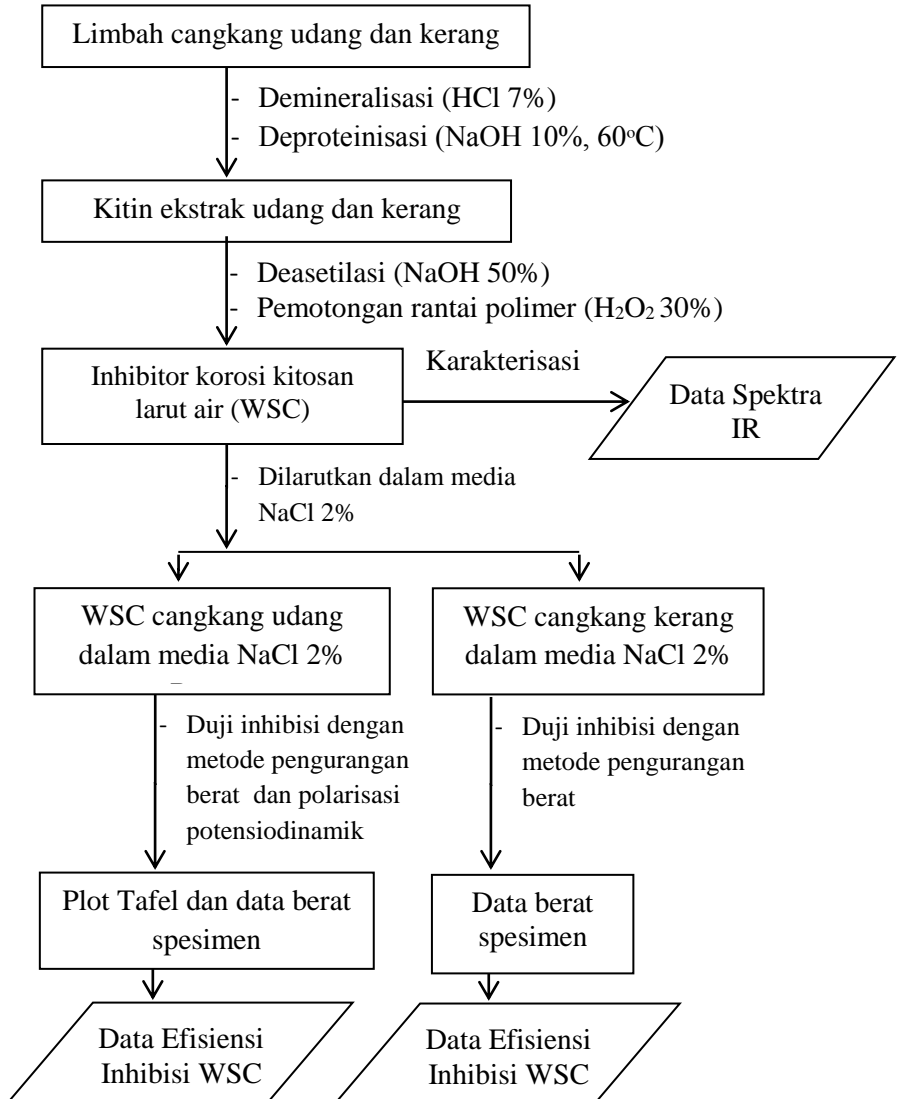
[www.bilkulonline.com](http://www.bilkulonline.com) diakses pada 4 Juni 2017 pukul 22.10 WIB di Surabaya.

[www.biportal.naturalis.nl](http://www.biportal.naturalis.nl) diakses pada 3 Maret 2017 pukul 24.00 WIB di Surabaya.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN A

### SKEMA KERJA



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN

#### B.1 Preparasi NaOH 10% w/w dari NaOH Pelet

Diketahui  $\rho$  NaOH 10% = 1,11 g/mL

$$\begin{aligned}\text{NaOH } 10\% \frac{w}{w} &= \frac{10 \text{ g NaOH pelet}}{100 \text{ g larutan}} \\ &= \frac{10 \text{ g NaOH pelet}}{\frac{100 \text{ g}}{1,11 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} \text{ larutan}} \\ &= \frac{10 \text{ g NaOH pelet}}{90,09 \text{ mL larutan}}\end{aligned}$$

Maka untuk membuat larutan NaOH 10% sebanyak 1000 mL, dibutuhkan NaOH pelet sebanyak :

$$\begin{aligned}\frac{10 \text{ g}}{90,09 \text{ mL}} &= \frac{m}{1000 \text{ mL}} \\ m &= 111 \text{ g}\end{aligned}$$

Artinya untuk membuat larutan NaOH 10% sebanyak 1000 mL dibutuhkan sebesar 111 g NaOH pelet yang dilarutkan dengan aqua demineralisasi dalam labu ukur 1000 mL.

#### B.2 Preparasi NaOH 50% w/w dari NaOH Pelet

Diketahui  $\rho$  NaOH 50% = 1,53 g/mL

$$\begin{aligned}\text{NaOH } 50\% \frac{w}{w} &= \frac{50 \text{ g NaOH pelet}}{100 \text{ g larutan}} \\ &= \frac{50 \text{ g NaOH pelet}}{\frac{100 \text{ g}}{1,53 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} \text{ larutan}} \\ &= \frac{50 \text{ g NaOH pelet}}{65,36 \text{ mL larutan}}\end{aligned}$$

Maka untuk membuat larutan NaOH 50% sebanyak 100 mL, dibutuhkan NaOH pelet sebanyak :

$$\frac{50 \text{ g}}{65,36 \text{ mL}} = \frac{m}{100 \text{ mL}}$$

$$m = 76,5 \text{ g}$$

Artinya untuk membuat larutan NaOH 50% sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 76,5 g NaOH pelet yang dilarutkan dengan aqua demineralisasi dalam labu ukur 100 mL.

### **B.3 Preparasi CH<sub>3</sub>COOH 2% w/w dari CH<sub>3</sub>COOH 30%**

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$30\% \times V_1 = 2\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6,67 \text{ mL}$$

Artinya untuk membuat larutan CH<sub>3</sub>COOH 2% sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 6,67 mL CH<sub>3</sub>COOH 30% yang diencerkan dengan aqua demineralisasi dalam labu ukur 100 mL.

### **B.4 Preparasi Larutan NaCl 2% w/v dan Inhibitor**

- NaCl 2% w/v

$$\text{NaCl } 2\% \frac{w}{v} = \frac{2 \text{ g NaCl}}{100 \text{ mL larutan}}$$

Maka untuk membuat larutan NaCl 2% sebanyak 1000 mL, dibutuhkan NaCl sebanyak :

$$\frac{2 \text{ g}}{100 \text{ mL}} = \frac{m}{1000 \text{ mL}}$$

$$m = 20 \text{ g}$$

Artinya untuk membuat larutan NaCl 2% sebanyak 1000 mL dibutuhkan sebesar 20 g NaCl yang dilarutkan dengan aqua demineralisasi dalam labu ukur 1000 mL.

- 1500 mg/L WSC udang/kerang

$$\begin{aligned} 1500 \text{ mg/L} &= \frac{1500 \text{ mg WSC}}{1 \text{ L larutan}} \\ &= \frac{1,5 \text{ g WSC}}{1 \text{ L larutan}} = \frac{0,15 \text{ g WSC}}{100 \text{ mL larutan}} \end{aligned}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 1500 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 0,15 g WSC udang/kerang yang dilarutkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

- 1300 mg/L WSC udang/kerang

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1500 \text{ mg/L} \times V_1 &= 1300 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 86,67 \text{ mL} \end{aligned}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 1300 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 86,67 mL larutan WSC udang/kerang 1500 mg/L yang diencerkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

- 1000 mg/L WSC udang/kerang

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1500 \text{ mg/L} \times V_1 &= 1000 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 66,67 \text{ mL} \end{aligned}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 1000 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 66,67 mL larutan WSC udang/kerang 1500 mg/L yang diencerkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

- 750 mg/L WSC udang/kerang

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1500 \text{ mg/L} \times V_1 &= 750 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$V_1=50 \text{ mL}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 750 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 50 mL larutan WSC udang/kerang 1500 mg/L yang diencerkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

- 500 mg/L WSC udang/kerang

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1500 \text{ mg/L} \times V_1 = 500 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 33,33 \text{ mL}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 500 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 33,33 mL larutan WSC udang/kerang 1500 mg/L yang diencerkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

- 250 mg/L WSC udang/kerang

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1500 \text{ mg/L} \times V_1 = 250 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 16,67 \text{ mL}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 250 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 16,67 mL larutan WSC udang/kerang 1500 mg/L yang diencerkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

- 10 mg/L WSC udang/kerang

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1500 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,67 \text{ mL}$$

Artinya untuk membuat larutan WSC udang/kerang 10 mg/L sebanyak 100 mL dibutuhkan sebesar 0,67

mLlarutan WSC udang/kerang 1500 mg/L yang diencerkan dengan NaCl 2% dalam labu ukur 100 mL.

### B.5 Perhitungan Persentase Kitin dan Kitosan Larut Air (WSC)

Persentase kitin dan kitosan larut air (WSC) terhadap serbuk udang vaname dan kerang kampak kering dihitung berdasarkan Persamaan B.1

$$\text{Kitin/WSC (\%)} = \frac{\text{Massa kitin/WSC (g)}}{\text{Massa serbuk udang/kerang (g)}} \times 100\%.....(\text{B.1})$$

Contoh perhitungan untuk replikasi 1:

Diketahui :      Massa kitin                               = 9,79 g  
                             Massa serbuk udang               = 25 g

Dengan perhitungan:

$$\text{Kitin (\%)} = \frac{9,79 \text{ g}}{25 \text{ g}} \times 100\% = 39,16 \%$$

Data perhitungan replikasi lainnya disajikan pada Tabel B.1

Tabel B.1 Data perhitungan persentase kitin dan WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak

Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )					
Replikasi	Massa cangkang (g)	Massa kitin (g)	Massa WSC (g)	Kitin (%)	WSC (%)
1	25	9,79	6,89	39,16	27,55
2	25	9,73	6,63	38,92	26,50
Kerang kampak ( <i>Atrina pectinata</i> )					
Replikasi	Massa cangkang (g)	Massa kitin (g)	Massa WSC (g)	Kitin (%)	WSC (%)
1	25	4,67	0,77	18,68	3,09
2	25	4,67	0,85	18,68	3,38

## B.6 Penentuan Parameter Korosi

- Uji Pengurangan Berat (*Weightloss*)

Laju korosi (CR), cakupan permukaan ( $\theta$ ) dan efisiensi Inhibisi (EI) WSC pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% masing-masing ditentukan dengan Persamaan B.2, B.3 dan B.4

$$LK \text{ (mmpy)} = \frac{(0,000875)(W-W')}{\rho A t} \dots\dots\dots (B.2)$$

$$\theta = \frac{\Delta W - \Delta W_{inh}}{\Delta W} \dots\dots\dots (B.3)$$

$$IE \text{ (\%)} = \theta \times 100\% \dots\dots\dots (B.4)$$

Contoh perhitungan untuk replikasi 1 dengan WSC udang :

Diketahui : Densitas *tinplate* ( $\rho$ ) ( $\text{g/cm}^3$ ) = 7,625  $\text{g/cm}^3$

Luas permukaan (A) ( $\text{cm}^2$ ) = 8,8  $\text{cm}^2$

Waktu perendaman (t) (jam) = 72 jam

W (blanko) (g) = 0,7141 g

W' (blanko) (g) = 0,7130 g

$\Delta W$  (blanko) (g) = 0,0011 g

$\Delta W_{inh}$  (10 mg/L) (g) = 0,0010 g

Dengan perhitungan:

$$\begin{aligned} LK \text{ (mmpy)} &= \frac{(0,000875)(0,7141-0,7130)}{7,625 \times 8,8 \times 72} \\ &= \frac{(0,000875)(0,0011)}{7,625 \times 8,8 \times 72} = 2,09 \times 10^{-10} \text{ mmpy} \end{aligned}$$

$$\theta = \frac{\Delta W - \Delta W_{inh}}{\Delta W} = \frac{(0,0011 - 0,0010)}{0,0011} = 0,0909$$

$$IE \text{ (\%)} = \theta \times 100\% = 0,0909 \times 100 = 9,09\%$$

Data perhitungan replikasi dan variasi konsentrasi lainnya untuk WSC dari cangkang udang vaname dan kerang kampak dengan metode pengurangan berat, masing-masing disajikan pada Tabel B.2 dan B.3

- Uji Polarisation Potensiostatik

Laju korosi (LK) dan efisiensi Inhibisi (EI) WSC pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% masing-masing ditentukan dengan Persamaan B.5 dan B.6

$$LK \text{ (mmpy)} = \frac{0,13 \times I_{kor} \times (EW)}{\rho} \dots\dots\dots (B.5)$$

$$EI \text{ (\%)} = \frac{I_{kor} - I'_{kor}}{I_{kor}} \times 100\% \dots\dots\dots (B.6)$$

Contoh perhitungan untuk replikasi 1 dengan WSC udang :

Diketahui :	$I_{kor}$ blanko	= 1,73940 $\mu A/cm^2$
	$I'_{kor}$ 10 mg/L	= 0,91002 $\mu A/cm^2$
	Berat ekivalen (EW)	= 59,35 g/mol
	Densitas	= 7,265 g/cm <sup>3</sup>

Dengan perhitungan:

$$LK \text{ (mmpy)} = \frac{0,13 \times 1,73940 \times 59,35}{7,265} = 1,85 \text{ mmpy}$$

$$EI \text{ (\%)} = \frac{1,73940 - 0,91002}{1,73940} \times 100\% = 47,99\%$$

Data perhitungan replikasi dan variasi konsentrasi lainnya untuk WSC dari cangkang udang vaname dengan metode polarisasi potensiostatik disajikan pada Tabel B.4

Tabel B.2 Parameter korosi dan EI WSC dari cangkang udang vaname dengan metode pengurangan berat

WSC (mg/L)	W (g)	W' (g)	$\Delta W$ (g)	LK ( $10^{-10}$ mmpy)	$\theta$	EI (%)
0	0,7044	0,7033	0,0011	2,09		
	0,6893	0,6882	0,0011	2,09		
10	0,6855	0,6845	0,0010	1,90	0,0909	9,09
	0,6842	0,6832	0,0010	1,90	0,0909	9,09
250	0,6805	0,6796	0,0009	1,71	0,1818	18,18
	0,6807	0,6798	0,0009	1,71	0,1818	18,18
500	0,6784	0,6776	0,0008	1,52	0,2727	27,27
	0,6746	0,6738	0,0008	1,52	0,2727	27,27
750	0,6708	0,6701	0,0007	1,33	0,3636	36,36
	0,6707	0,6700	0,0007	1,33	0,3636	36,36
1000	0,6644	0,6639	0,0005	0,95	0,5455	54,55
	0,6631	0,6626	0,0005	0,95	0,5455	54,44
1300	0,6619	0,6616	0,0003	0,57	0,7273	72,73
	0,6601	0,6598	0,0003	0,57	0,7273	72,73
1500	0,6540	0,6534	0,0006	1,14	0,4545	45,45
	0,6424	0,6418	0,0006	1,14	0,4545	45,45



Tabel B.3 Parameter korosi dan EI WSC dari cangkang kerang  
kampak dengan metode pengurangan berat

WSC (mg/L)	W (g)	W' (g)	$\Delta W$ (g)	LK ( $10^{-10}$ mmpy)	$\theta$	EI (%)
0	0,7141	0,7130	0,0011	2,09		
	0,6939	0,6928	0,0011	2,09		
10	0,6936	0,6926	0,0010	1,90	0,0909	9,09
	0,6906	0,6896	0,0010	1,90	0,0909	9,09
250	0,6889	0,6880	0,0009	1,71	0,1818	18,18
	0,6837	0,6828	0,0009	1,71	0,1818	18,18
500	0,6797	0,6789	0,0008	1,52	0,2727	27,27
	0,6788	0,6780	0,0008	1,52	0,2727	27,27
750	0,6766	0,6759	0,0007	1,33	0,3636	36,36
	0,6723	0,6716	0,0007	1,33	0,3636	36,36
1000	0,6714	0,6708	0,0006	1,14	0,4545	45,45
	0,6687	0,6681	0,0006	1,14	0,4545	45,45
1300	0,6594	0,6589	0,0005	0,95	0,5455	54,55
	0,6574	0,6569	0,0005	0,95	0,5455	54,55
1500	0,6564	0,6558	0,0006	1,14	0,4545	45,45
	0,6515	0,6509	0,0006	1,14	0,4545	45,45

Tabel B.4 Parameter korosi dan EI WSC dari cangkang udang vaname dengan metode polarisasi potensi dinamik

WSC (mg/L)	E <sub>kor</sub> (mV)	$\beta_a$	$\beta_k$	I <sub>kor</sub> ( $\mu A/cm^2$ )	LK (mm- py)	$\theta$	EI (%)
0	-435,09	419,01	97,69	1,73940	1,85		
	-433,37	360,16	100,46	1,76010	1,87		
10	-431,99	180,81	88,75	0,91002	0,97	0,4799	47,99
	-433,62	177,97	76,56	0,93130	0,99	0,4678	46,78
250	-436,08	226,19	123,49	0,84973	0,90	0,5144	51,44
	-438,14	274,86	109,82	0,85947	0,91	0,5088	50,88
500	-440,00	165,64	103,51	0,77352	0,82	0,5579	55,79
	-430,94	154,19	224,22	0,72338	0,77	0,5866	58,66
750	-423,71	229,06	121,03	0,62160	0,66	0,6447	64,47
	-407,41	320,16	123,46	0,60762	0,65	0,6527	65,27
1000	-407,59	127,83	84,69	0,31722	0,34	0,8176	81,76
	-388,74	70,58	68,29	0,30794	0,33	0,8240	82,40
1300	-387,69	79,37	42,45	0,12134	0,13	0,9307	93,07
	-387,78	79,48	64,13	0,17926	0,19	0,8976	89,76
1500	-407,71	231,07	118,46	0,76935	0,82	0,5577	55,77
	-421,00	150,18	104,09	0,79935	0,85	0,5458	54,58

## B.7 Isotermal Adsorpsi dan Studi Termodinamika Korosi

Model isotermal adsorpsi yang digunakan untuk menentukan model adsorpsi inhibitor WSC dari cangkang udang vaname dan cangkang kerang kampak yaitu isotermal adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin, Frumkin dan Flory-Huggins. Penentuan model isotermal adsorpsi dilakukan dengan plot kurva linear sesuai dengan persamaan-persamaan isotermal adsorpsi tersebut. Plot kurva isotermal adsorpsi WSC udang vaname dan kerang kampak disajikan pada Gambar B.1-B.10. Berdasarkan plot kurva pada Gambar B.1-B.10, maka diperoleh nilai regresi serta persamaan garis yang disajikan pada Tabel B.5 dan B.6

Tabel B.5 Persamaan, nilai regresi serta persamaan garis untuk WSC udang vaname beberapa model isotermal adsorpsi

WSC udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )			
Isotermal adsorpsi	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan garis
Langmuir	$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{k_{ads}} + C$	0,530	$\frac{C}{\theta} = 1,090C + 807,9$
Freundlich	$\log \theta = \log k_{ads} + n \log C$	0,855	$\log \theta = 0,388 \log C - 1,506$
Temkin	$e^{-2a\theta} = k_{ads} C$	0,607	$\theta = 0,236 \log C - 0,229$
Frumkin	$\log \left[ \frac{\theta}{(1-\theta)C} \right] = \log k_{ads} + 2a\theta$	0,058	$\log \left[ \frac{\theta}{(1-\theta)C} \right] = -0,441\theta - 2,656$
Flory-Huggins	$\log \frac{\theta}{C} = \log k_{ads} + x \log (1-\theta)$	0,248	$\log \frac{\theta}{C} = 1,267 \log (1-\theta) - 2,756$

Tabel B.6 Persamaan, nilai regresi serta persamaan garis untuk WSC kerang kampak beberapa model isotermal adsorpsi

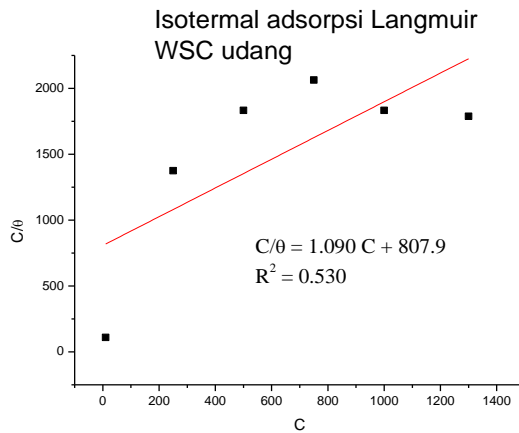
WSC kerang kampak ( <i>Atrina pectinata</i> )			
Isotermal adsorpsi	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan garis
Langmuir	$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{k_{ads}} + C$	0,791	$\frac{C}{\theta} = 1,553C + 674,4$
Freundlich	$\log \theta = \log k_{ads} + n \log C$	0,912	$\log \theta = 0,351 \log C - 1,447$
Temkin	$e^{-2a\theta} = k_{ads} C$	0,734	$\theta = 0,186 \log C - 0,149$
Frumkin	$\log \left[ \frac{\theta}{(1-\theta)C} \right] = \log k_{ads} + 2a\theta$	0,401	$\log \left[ \frac{\theta}{(1-\theta)C} \right] = -1,650\theta - 2,376$
Flory-Huggins	$\log \frac{\theta}{C} = \log k_{ads} + x \log (1-\theta)$	0,500	$\log \frac{\theta}{C} = 3,244 \log (1-\theta) - 2,501$

Termodinamika korosi inhibitor WSC udang vaname dan kerang kampak pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2% disajikan pada Tabel B.7

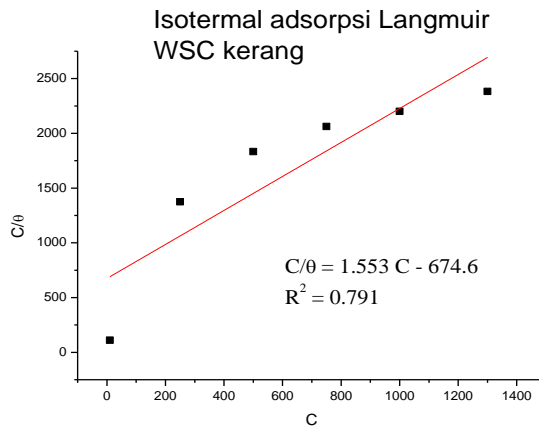
Tabel B.7 Termodinamika korosi inhibitor WSC udang vaname dan kerang kampak

WSC	R <sup>2</sup>	intersep	k <sub>ads</sub>	$\Delta G^{\circ}_{ads}$ (kJ/mol)
Udang vaname	0,855	-1,506	0,0312	-8,523
Kerang kampak	0,912	-1,447	0,0357	-8,858

- Isotermal adsorpsi Langmuir untuk WSC udang vaname dan kerang kampak

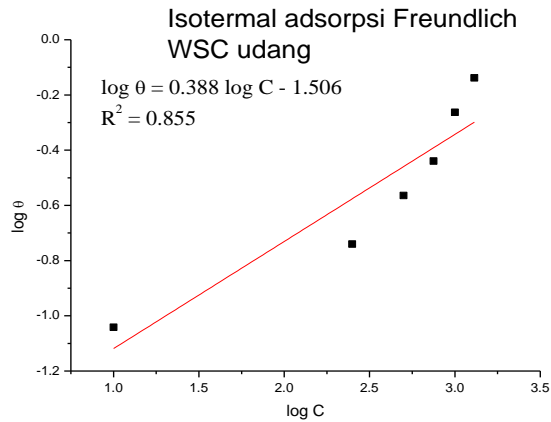


Gambar B.1 Kurva isotermal adsorpsi Langmuir WSC udang vaname

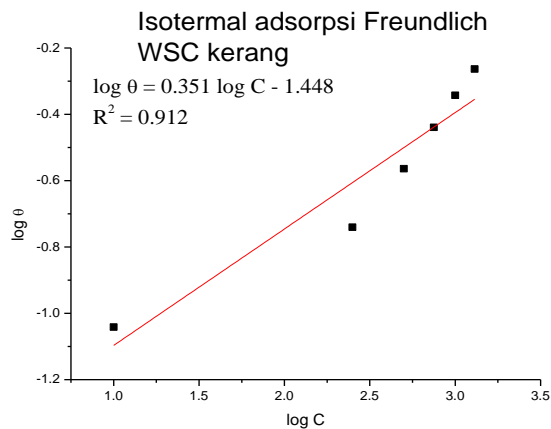


Gambar B.2 Kurva isotermal adsorpsi Langmuir WSC kerang kampak

- Isotermal adsorpsi Freundlich untuk WSC udang vaname dan kerang kampak

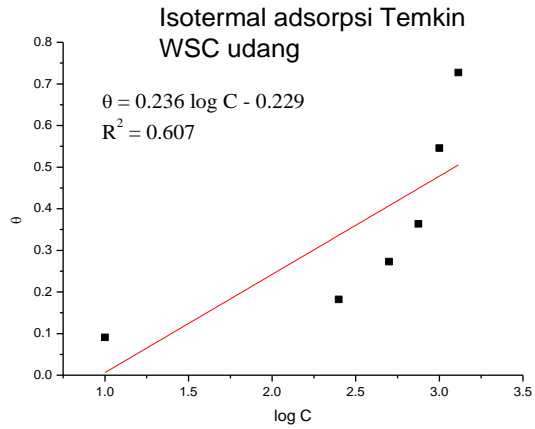


Gambar B.3 Kurva isotermal adsorpsi Freundlich WSC udang vaname

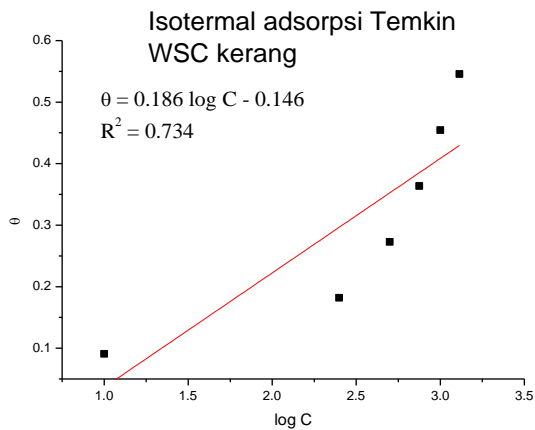


Gambar B.4 Kurva isotermal adsorpsi Freundlich WSC kerang kampak

- Isotermal adsorpsi Temkin untuk WSC udang vaname dan kerang kampak

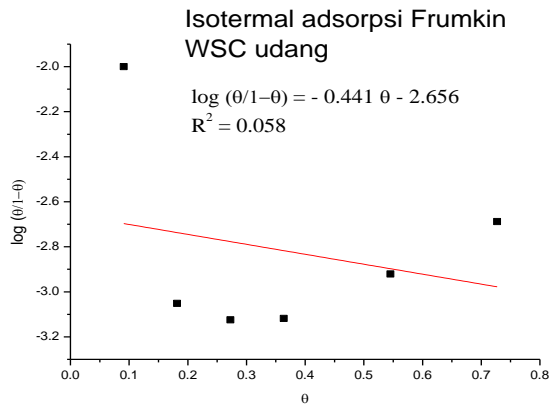


Gambar B.5 Kurva isotermal adsorpsi Temkin WSC udang vaname

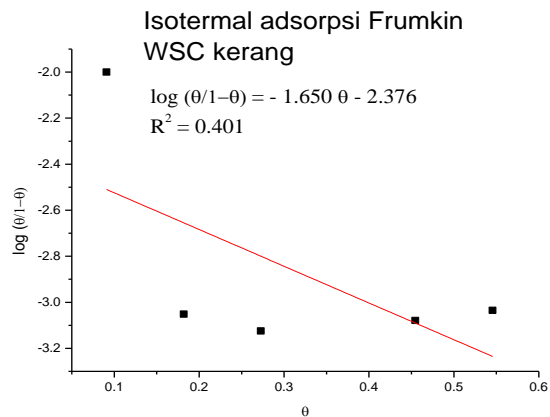


Gambar B.6 Kurva isotermal adsorpsi Temkin WSC kerang kampak

- Isotermal adsorpsi Frumkin untuk WSC udang vaname dan kerang kampak



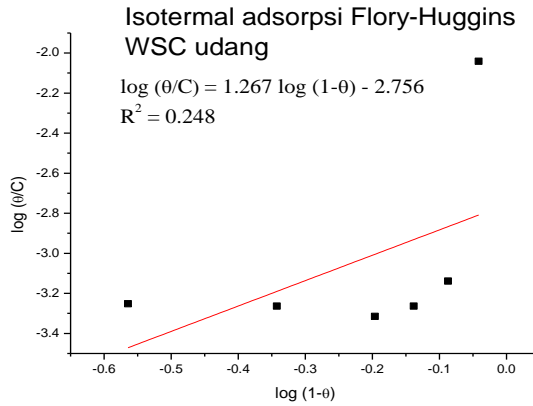
Gambar B.7 Kurva isotermal adsorpsi Frumkin WSC udang vaname



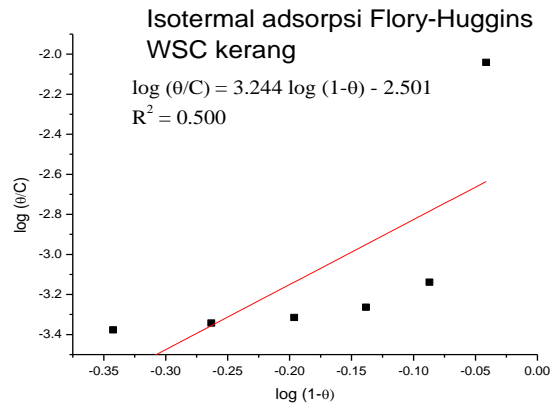
Gambar B.8 Kurva isotermal adsorpsi Frumkin WSC kerang kampak



- Isotermal adsorpsi Flory-Huggins untuk WSC udang vaname dan kerang kampak



Gambar B.9 Kurva isotermal adsorpsi Flory-Huggins WSC udang vaname



Gambar B.10 Kurva isotermal adsorpsi Flory-Huggins WSC kerang kampak

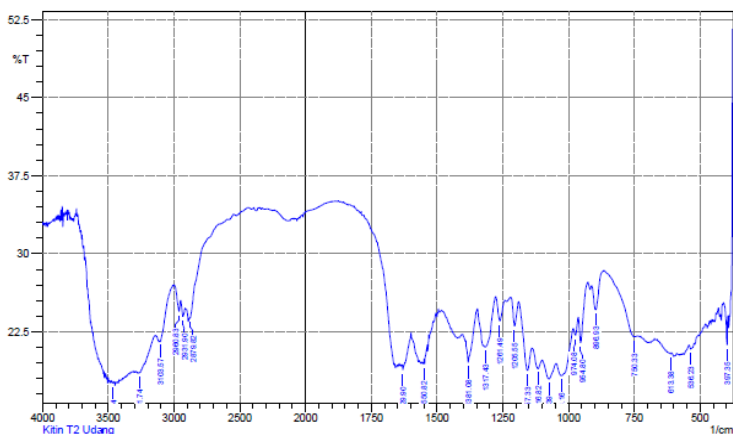
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN C

### HASIL KARAKTERISASI KITIN DAN WSC

#### C.1 Spektra FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

- Spektra FTIR Kitin dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

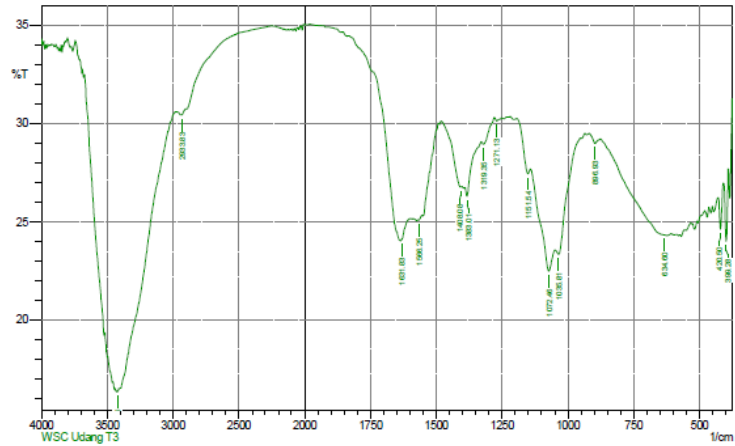


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	397.35	21.224	3.104	410.85	393.49	10.84	0.287
2	536.23	20.861	0.413	542.02	522.73	13.064	0.115
3	613.38	20.374	0.168	628.81	606.53	13.282	0.051
4	750.33	22.018	0.212	866.07	746.48	70.559	-1.174
5	896.93	24.61	2.786	912.36	866.07	26.688	0.824
6	954.8	21.43	3.182	962.51	925.86	22.499	0.766
7	974.08	22.142	1.109	981.8	962.51	12.399	0.215
8	1026.16	18.267	2.198	1045.45	983.73	43.832	2.096
9	1074.39	17.975	1.634	1099.46	1047.38	37.906	1.044
10	1116.82	18.954	1.275	1138.04	1101.39	25.916	0.524
11	1157.33	18.794	3.708	1188.19	1139.97	32.61	1.763
12	1205.55	23.061	2.552	1219.05	1190.12	17.749	0.627
13	1261.49	23.503	2.218	1278.92	1242.2	21.132	0.645
14	1317.43	21.035	0.733	1323.21	1276.92	29.896	0.618
15	1381.08	19.559	2.737	1390.72	1346.36	29.322	1.162
16	1550.82	19.385	0.637	1556.61	1539.25	12.165	0.143
17	1629.9	18.829	0.694	1631.83	1599.04	22.647	0.375
18	2879.82	23.785	0.185	2883.68	2658	119.133	-5.743
19	2931.9	23.962	1.158	2949.26	2914.54	21.194	0.361
20	2960.83	24.453	1.367	3001.34	2946.26	30.701	0.433
21	3103.57	21.563	0.134	3105.5	3009.05	58.881	-6.631
22	3261.74	18.579	0.031	3263.66	3248.23	11.244	0.009
23	3462.34	17.558	0.094	3466.2	3480.41	4.368	0.008

Gambar C.1 Spektra FTIR kitin dari cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

- Spektra FTIR WSC dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

SHIMADZU

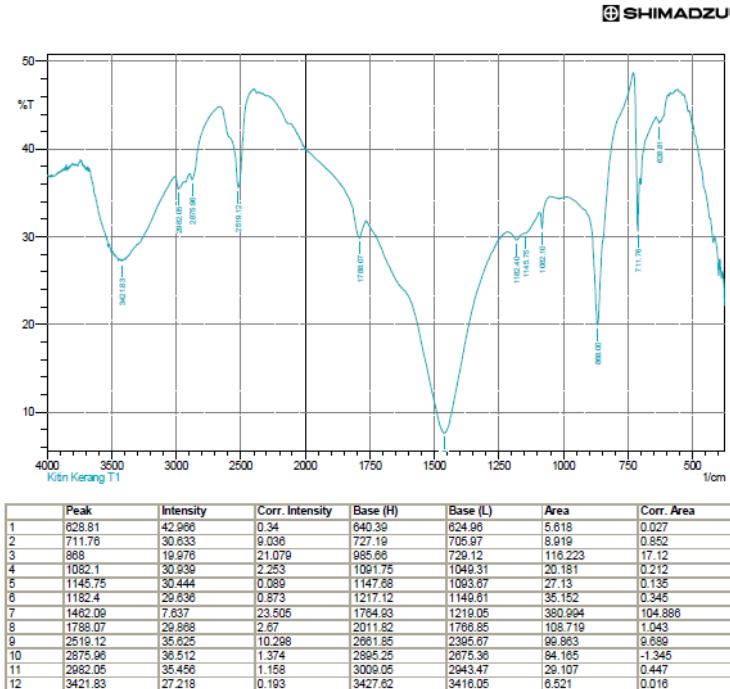


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	399.28	23.974	3.424	410.85	391.56	11.414	0.545
2	420.5	24.581	1.964	428.21	410.85	10.295	0.306
3	634.6	24.308	0.039	875.71	632.67	140.576	0.933
4	896.93	28.971	0.352	920.08	875.71	23.731	0.068
5	1035.81	23.322	0.99	1049.31	950.94	56.986	-0.193
6	1072.46	22.469	2.066	1141.9	1049.31	56.536	1.617
7	1151.54	27.435	0.712	1193.98	1141.9	25.237	0.179
8	1271.13	30.11	0.176	1278.85	1251.84	14.047	0.036
9	1319.35	26.933	0.357	1329	1278.85	26.589	0.121
10	1383.01	26.285	0.726	1390.72	1329	34.201	-0.057
11	1406.08	26.747	0.272	1461.38	1402.3	43.083	-0.162
12	1566.25	25.056	0.08	1570.11	1558.54	6.945	0.011
13	1631.83	24.054	0.061	1633.76	1599.04	21.086	-0.066
14	2933.83	30.424	0.017	2935.76	2901.04	17.883	-0.005
15	3423.76	16.319	0.08	3429.55	3412.19	13.643	0.019

Gambar C.2 Spektra FTIR WSC dari cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

## C.2 Spektra FTIR Kitin dan WSC dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)

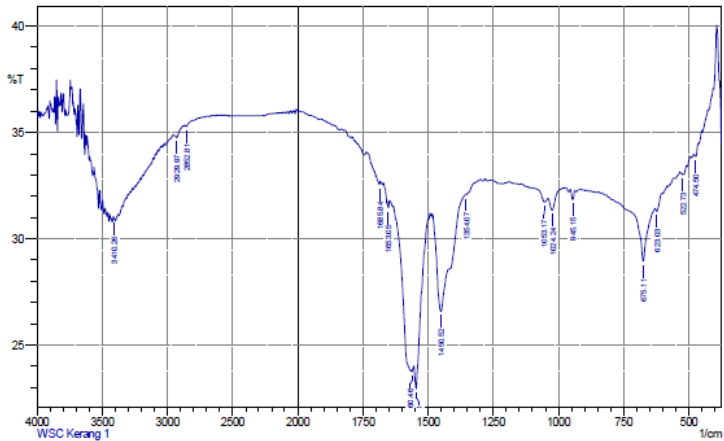
- Spektra FTIR Kitin dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)



Gambar C.3 Spektra FTIR kitin dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*)

- Spektra FTIR WSC dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)

SHIMADZU

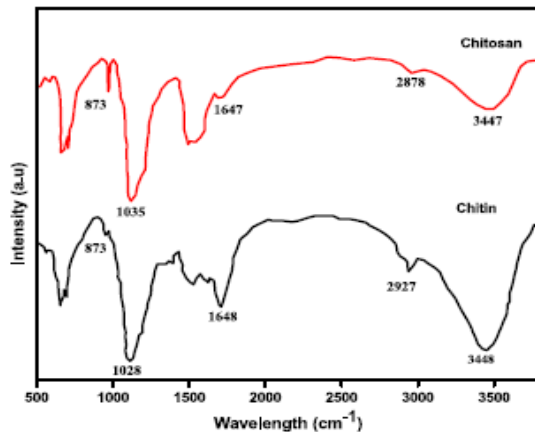


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	474.5	33.853	0.309	480.29	464.86	7.222	0.037
2	522.73	33.01	0.156	526.58	511.15	7.408	0.029
3	623.03	31.263	0.281	628.81	599.88	14.437	0.033
4	675.11	28.939	2.579	790.84	630.74	81.541	1.463
5	945.15	31.831	0.454	954.8	937.44	8.576	0.055
6	1024.24	31.333	0.887	1039.87	979.87	29.838	0.158
7	1053.17	31.716	0.296	1093.67	1039.67	26.88	0.05
8	1354.07	32.059	0.03	1356	1298.14	28.282	-0.044
9	1450.52	26.586	4.81	1483.31	1357.93	66.793	4.091
10	1545.03	22.939	2.329	1554.68	1500.67	30.859	0.582
11	1560.46	23.761	0.507	1645.33	1556.61	49.777	0.689
12	1653.05	31.435	0.333	1656.91	1647.26	4.824	0.022
13	1685.84	32.539	0.197	1699.34	1683.91	7.491	0.027
14	2852.81	35.271	0.098	2864.39	2804.59	26.944	0.011
15	2928.97	34.751	0.265	2955.04	2877.89	35.187	0.096
16	3410.26	30.926	0.075	3414.12	3408.4	3.929	0.004

Gambar C.4 Spektra FTIR WSC dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*)

### C.3 Spektra FTIR Literatur untuk Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

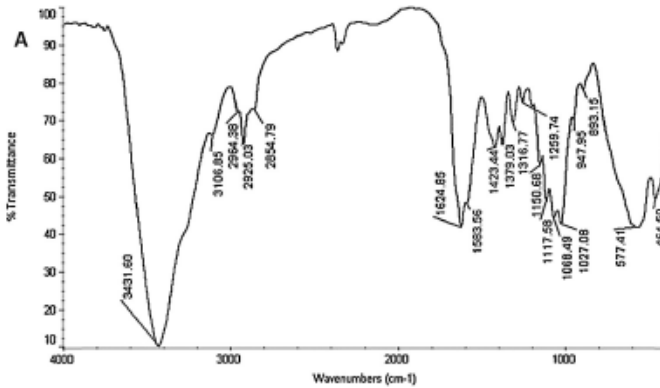
- Spektra FTIR Pembanding (Kumari dkk., 2015) untuk Kitin dan WSC dari Cangkang Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)



Gambar C.5 Spektra FTIR pembanding (Kumari dkk., 2015) untuk kitin dan WSC dari cangkang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

#### C.4 Spektra FTIR Literatur untuk Kitin dan WSC dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)

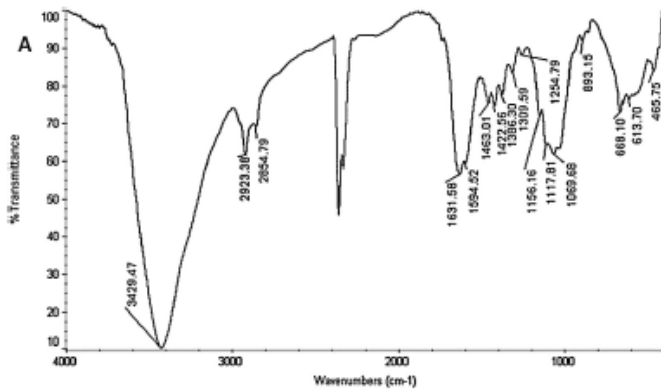
- Spektra FTIR Pembanding (Ramasamy dkk., 2014) untuk Kitin dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)



Gambar C.6 Spektra FTIR pembanding (Ramasamy dkk., 2014) untuk kitin dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*)



- Spektra FTIR Pemanding (Ramasamy dkk., 2014) untuk WSC dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina pectinata*)



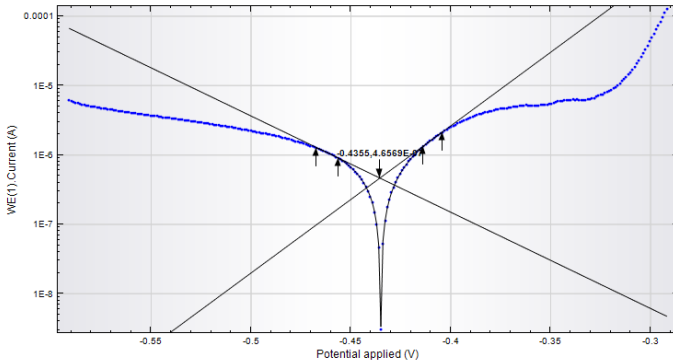
Gambar C.7 Spektra FTIR pemanding (Ramasamy dkk., 2014) untuk WSC dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*)

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

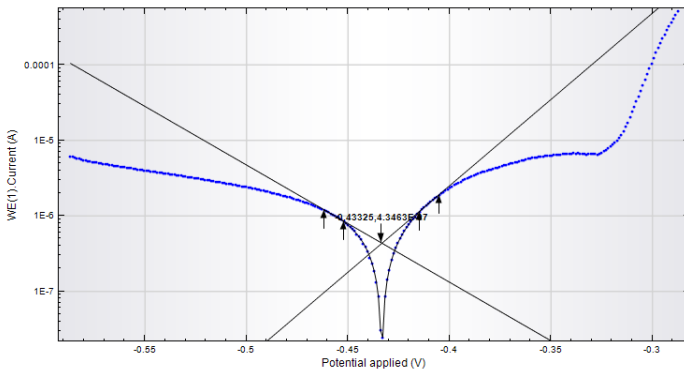
## LAMPIRAN D

### EKSTRAPOLASI PLOT TAFEL

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2%

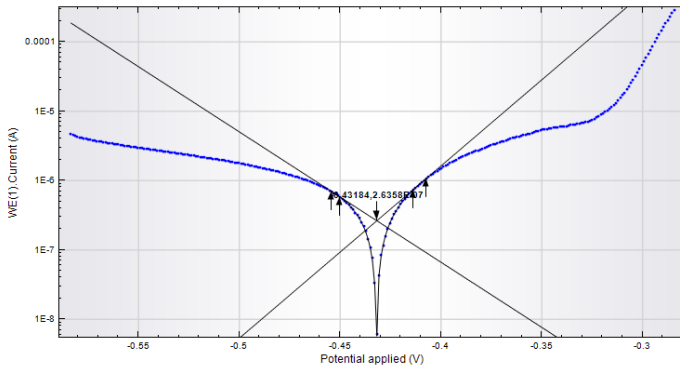


Gambar D.1 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 0 mg/L

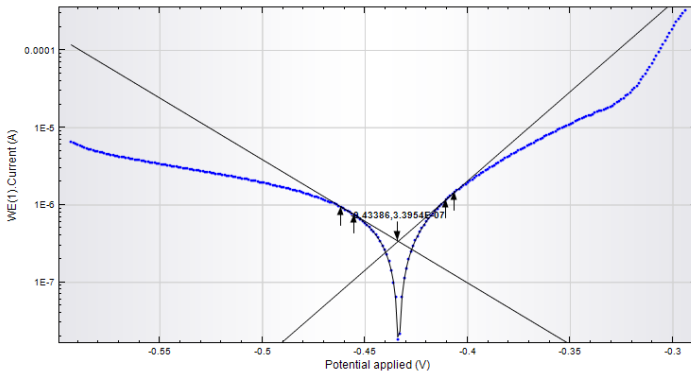


Gambar D.2 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 0 mg/L.

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 10 mg/L

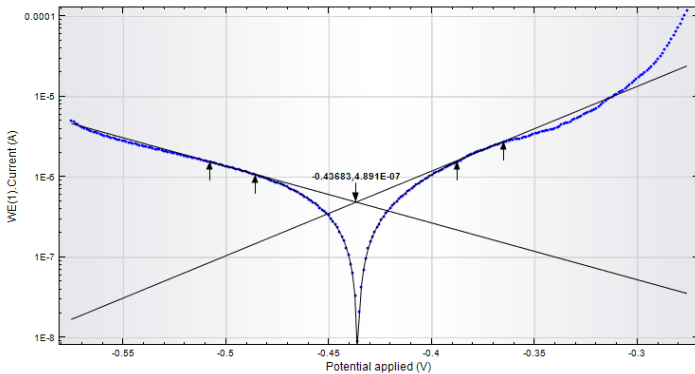


Gambar D.3 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 10 mg/L

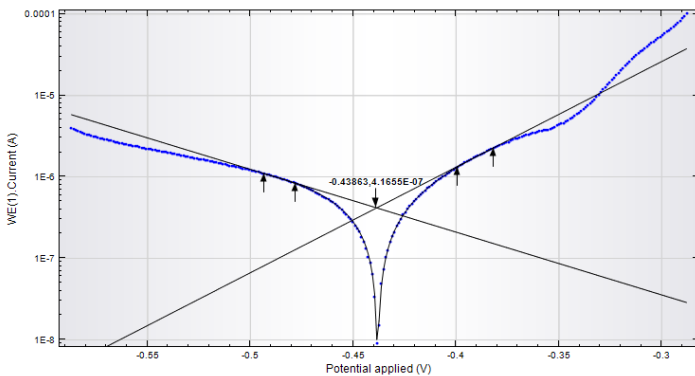


Gambar D.4 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 10 mg/L

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 250 mg/L

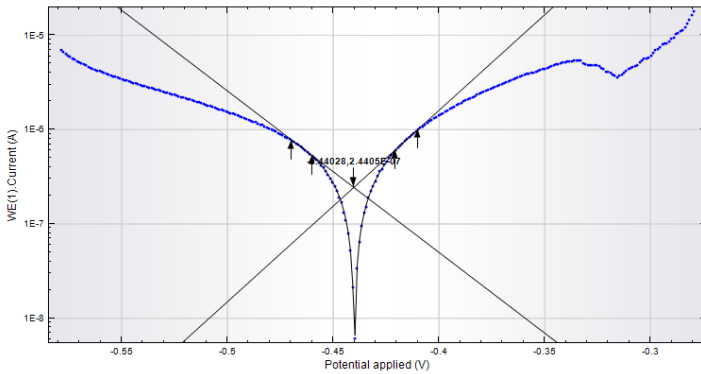


Gambar D.5 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 250 mg/L

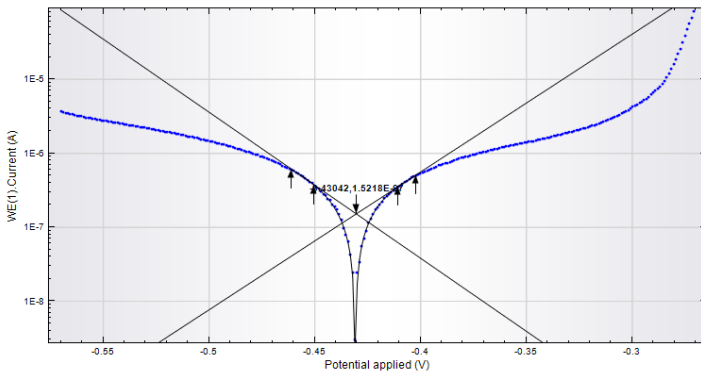


Gambar D.6 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 250 mg/L

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 500 mg/L

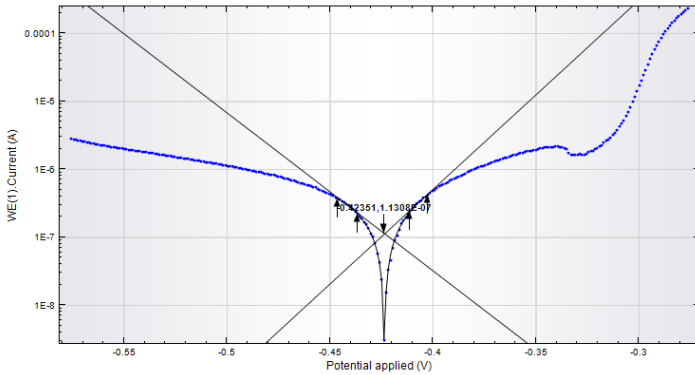


Gambar D.7 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 500 mg/L

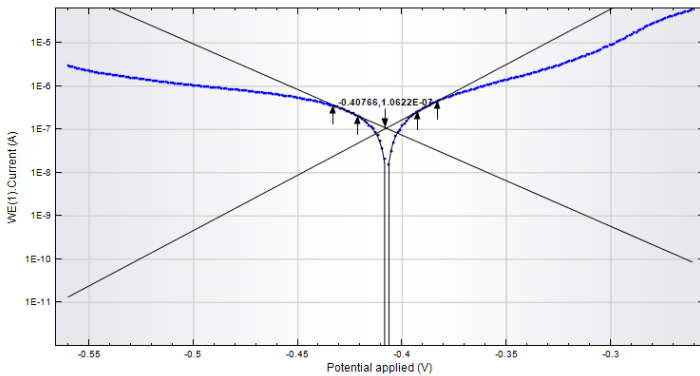


Gambar D.8 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 500 mg/L

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 750 mg/L

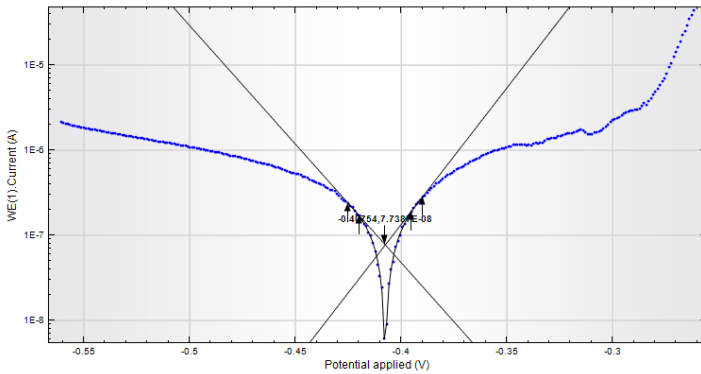


Gambar D.9 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 750 mg/L

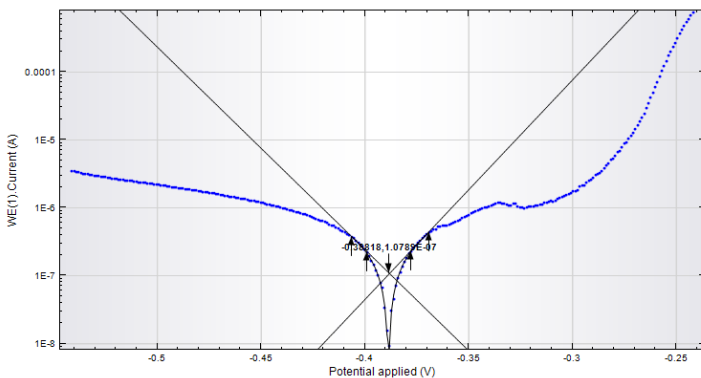


Gambar D.10 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 750 mg/L

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 1000 mg/L



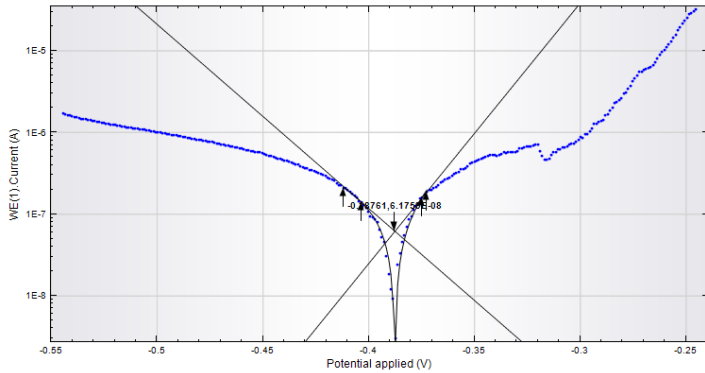
Gambar D.11 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 1000 mg/L



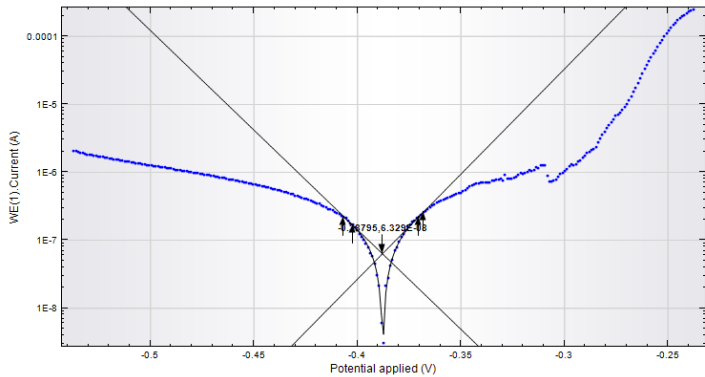
Gambar D.12 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 1000 mg/L



- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 1300 mg/L

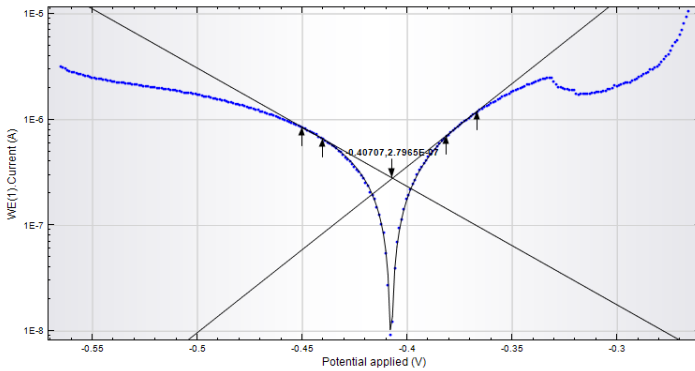


Gambar D.13 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 1300 mg/L

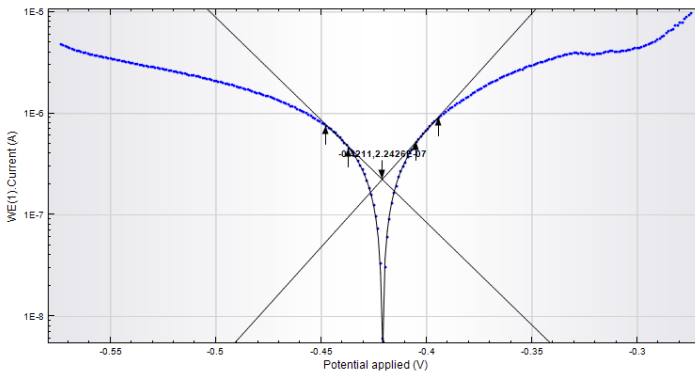


Gambar D.14 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 1300 mg/L

- Ekstrapolasi Plot Tafel Larutan NaCl 2% dengan WSC 1500 mg/L



Gambar D.15 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 1 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 1500 mg/L



Gambar D.16 Ekstrapolasi kurva Tafel replikasi 2 untuk *tinplate* dalam larutan NaCl 2% dengan penambahan inhibitor WSC udang sebesar 1500 mg/L

# LAMPIRAN E

## GAMBAR PENAMPANG MELINTANG

### *TINPLATE*

#### **E.1 Gambar Penampang Melintang Beberapa Potong *Tinplate* dari Lembaran *Tinplate* yang Sama**

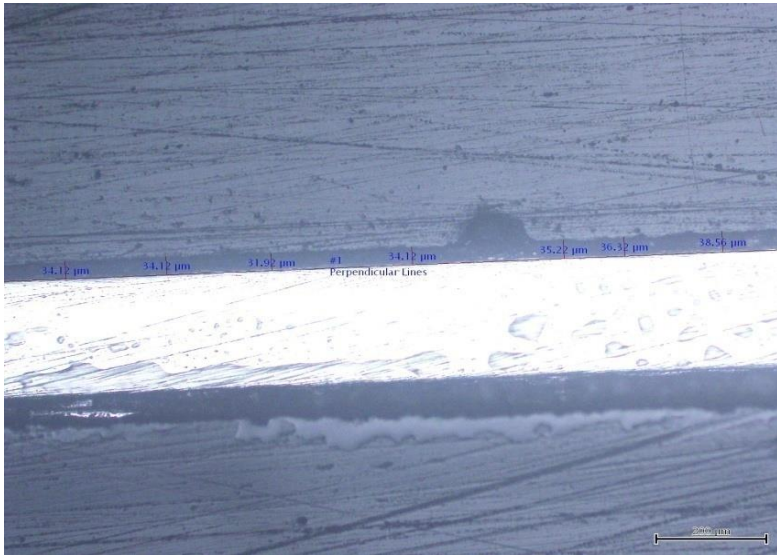
Gambar penampang melintang *tinplate* diperoleh dari hasil pengamatan dibawah mikroskop optik 100 OLYMPUS di Departemen Material dan Metaurgi ITS. Gambar penampang melintang beberapa potong *tinplate* dari lembaran *tinplate* yang sama disajikan pada Gambar E.1, E.2, E.3, E.4 dan E.5.

#### **E.2 Data Ketebalan *Coating* Sn Beberapa Potong *Tinplate* dari Lembaran *Tinplate* yang Sama**

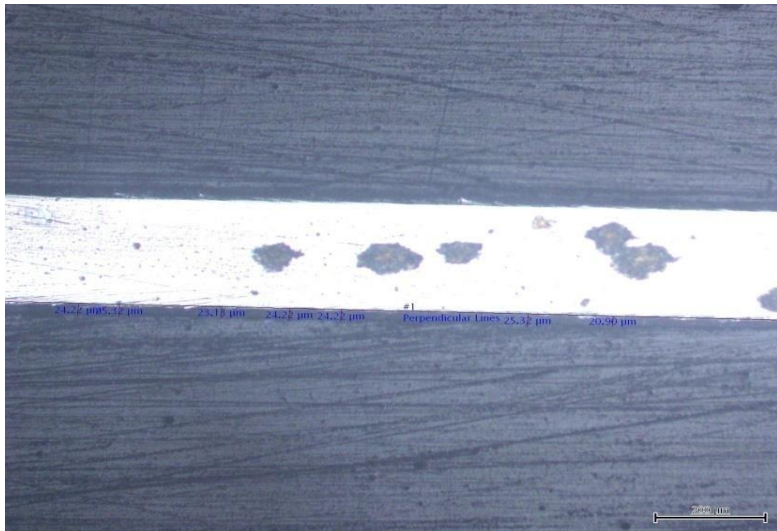
Berdasarkan Gambar E.1, E.2, E.3, E.4 dan E.5, diperoleh data ketebalan *coating* Sn yang disajikan pada Tabel E.1

Tabel E.1 Data ketebalan *coating* Sn pada *tinplate*

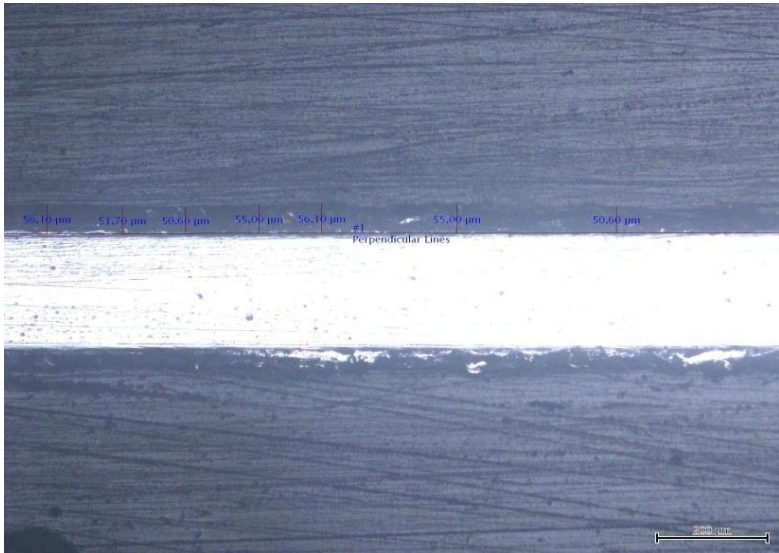
Replikasi	<i>Tinplate</i> 1 (μm)	<i>Tinplate</i> 2 (μm)	<i>Tinplate</i> 3 (μm)	<i>Tinplate</i> 4 (μm)	<i>Tinplate</i> 5 (μm)
1	34,12	24,22	56,10	45,15	56,27
2	34,12	25,32	51,70	45,15	58,56
3	31,92	23,13	50,60	48,45	55,18
4	34,12	24,22	55,00	48,45	51,89
5	35,22	24,22	56,10	44,05	54,08
6	36,32	25,32	55,00	49,61	52,98
7	38,56	20,90	50,60	48,45	54,08
Rata-rata	34,91	23,90	53,59	47,04	54,72



Gambar E.1 Penampang melintang *tinplate* 1 dibawah mikroskop optik



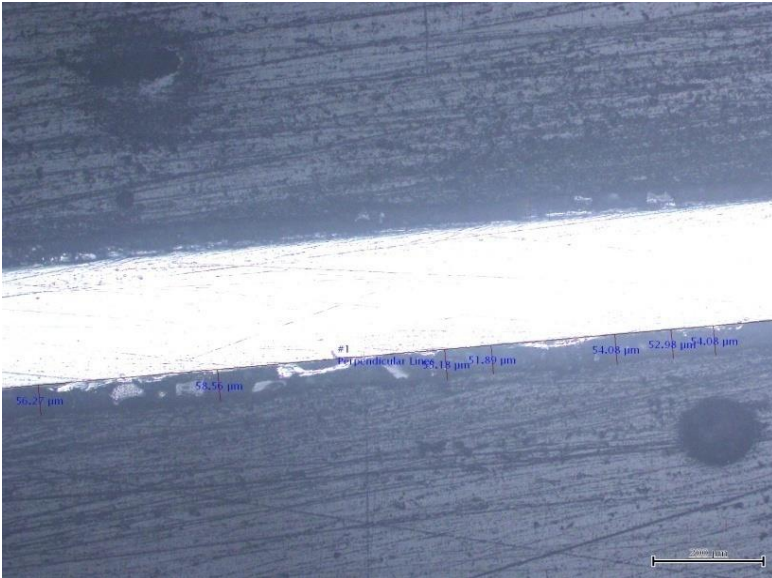
Gambar E.2 Penampang melintang *tinplate* 2 dibawah mikroskop optik



Gambar E.3 Penampang melintang *tinplate* 3 dibawah mikroskop optik



Gambar E.4 Penampang melintang *tinplate* 4 dibawah mikroskop optik



Gambar E.5 Penampang melintang *tinplate* 5 dibawah mikroskop optik

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Arina Hidayatus Sakinah. Penulis adalah anak pertama dari pasangan bapak Masrukan dan Ibu Umi Nadziroh yang dilahirkan di Jombang, 2 April 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu RA Muslimat Darul Faizin Catak Gayam, Jombang (1999-2001), MI Thoriqul Huda Catak Gayam, Jombang (2001-2007), MTs. Al-multazam

Mojoanyar, Mojokerto (2007-2010), SMA Al-multazam Mojoanyar, Mojokerto (2010-2013). Penulis melanjutkan jenjang pendidikan S1 di Departemen Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SBMPTN 2013 dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok 1413100059. Pada tahun kedua dan ketiga penulis pernah menjadi staf di departemen Hubungan Luar HIMKA-ITS periode 2014-2015, staf di departemen Hubungan Luar UKM Cinta Rebana ITS periode 2014-2015, sekretaris departemen Media dan Informasi HIMKA-ITS periode 2015-2016, sekretaris departemen Hubungan Luar UKM Cinta Rebana ITS periode 2015-2016. Penulis menyelesaikan program sarjana dengan mengambil tugas akhir di bidang Kimia Fisik di bawah bimbingan Dra. Harmami, M.S. dan Dra. Ita Ulfin, M.Si. Penulis dapat dihubungi melalui akun email [arinahs.sakinah@gmail.com](mailto:arinahs.sakinah@gmail.com).